

お客様各位

---

## カタログ等資料中の旧社名の扱いについて

---

2010年4月1日を以ってNECエレクトロニクス株式会社及び株式会社ルネサステクノロジが合併し、両社の全ての事業が当社に承継されております。従いまして、本資料中には旧社名での表記が残っておりますが、当社の資料として有効ですので、ご理解の程宜しくお願ひ申し上げます。

ルネサスエレクトロニクス ホームページ (<http://www.renesas.com>)

2010年4月1日  
ルネサスエレクトロニクス株式会社

【発行】ルネサスエレクトロニクス株式会社 (<http://www.renesas.com>)

【問い合わせ先】 <http://japan.renesas.com/inquiry>

## ご注意書き

1. 本資料に記載されている内容は本資料発行時点のものであり、予告なく変更することがあります。当社製品のご購入およびご使用にあたりましては、事前に当社営業窓口で最新の情報をご確認いただきますとともに、当社ホームページなどを通じて公開される情報に常にご注意ください。
2. 本資料に記載された当社製品および技術情報の使用に関連し発生した第三者の特許権、著作権その他の知的財産権の侵害等に関し、当社は、一切その責任を負いません。当社は、本資料に基づき当社または第三者の特許権、著作権その他の知的財産権を何ら許諾するものではありません。
3. 当社製品を改造、改変、複製等しないでください。
4. 本資料に記載された回路、ソフトウェアおよびこれらに関連する情報は、半導体製品の動作例、応用例を説明するものです。お客様の機器の設計において、回路、ソフトウェアおよびこれらに関連する情報を使用する場合には、お客様の責任において行ってください。これらの使用に起因しお客様または第三者に生じた損害に関し、当社は、一切その責任を負いません。
5. 輸出に際しては、「外国為替及び外国貿易法」その他輸出関連法令を遵守し、かかる法令の定めるところにより必要な手続を行ってください。本資料に記載されている当社製品および技術を大量破壊兵器の開発等の目的、軍事利用の目的その他軍事用途の目的で使用しないでください。また、当社製品および技術を国内外の法令および規則により製造・使用・販売を禁止されている機器に使用することができません。
6. 本資料に記載されている情報は、正確を期すため慎重に作成したのですが、誤りが無いことを保証するものではありません。万一、本資料に記載されている情報の誤りに起因する損害がお客様に生じた場合においても、当社は、一切その責任を負いません。
7. 当社は、当社製品の品質水準を「標準水準」、「高品質水準」および「特定水準」に分類しております。また、各品質水準は、以下に示す用途に製品が使われることを意図しておりますので、当社製品の品質水準をご確認ください。お客様は、当社の文書による事前の承諾を得ることなく、「特定水準」に分類された用途に当社製品を使用することができません。また、お客様は、当社の文書による事前の承諾を得ることなく、意図されていない用途に当社製品を使用することができません。当社の文書による事前の承諾を得ることなく、「特定水準」に分類された用途または意図されていない用途に当社製品を使用したことによりお客様または第三者に生じた損害等に関し、当社は、一切その責任を負いません。なお、当社製品のデータ・シート、データ・ブック等の資料で特に品質水準の表示がない場合は、標準水準製品であることを表します。  
標準水準： コンピュータ、OA 機器、通信機器、計測機器、AV 機器、家電、工作機械、パーソナル機器、産業用ロボット  
高品質水準： 輸送機器（自動車、電車、船舶等）、交通用信号機器、防災・防犯装置、各種安全装置、生命維持を目的として設計されていない医療機器（厚生労働省定義の管理医療機器に相当）  
特定水準： 航空機器、航空宇宙機器、海底中継機器、原子力制御システム、生命維持のための医療機器（生命維持装置、人体に埋め込み使用するもの、治療行為（患部切り出し等）を行うもの、その他直接人命に影響を与えるもの）（厚生労働省定義の高度管理医療機器に相当）またはシステム等
8. 本資料に記載された当社製品のご使用につき、特に、最大定格、動作電源電圧範囲、放熱特性、実装条件その他諸条件につきましては、当社保証範囲内でご使用ください。当社保証範囲を超えて当社製品をご使用された場合の故障および事故につきましては、当社は、一切その責任を負いません。
9. 当社は、当社製品の品質および信頼性の向上に努めておりますが、半導体製品はある確率で故障が発生したり、使用条件によっては誤動作したりする場合があります。また、当社製品は耐放射線設計については行っておりません。当社製品の故障または誤動作が生じた場合も、人身事故、火災事故、社会的損害などを生じさせないようお客様の責任において冗長設計、延焼対策設計、誤動作防止設計等の安全設計およびエージング処理等、機器またはシステムとしての出荷保証をお願いいたします。特に、マイコンソフトウェアは、単独での検証は困難なため、お客様が製造された最終の機器・システムとしての安全検証をお願いいたします。
10. 当社製品の環境適合性等、詳細につきましては製品個別に必ず当社営業窓口までお問合せください。ご使用に際しては、特定の物質の含有・使用を規制する RoHS 指令等、適用される環境関連法令を十分調査のうえ、かかる法令に適合するようご使用ください。お客様がかかる法令を遵守しないことにより生じた損害に関し、当社は、一切その責任を負いません。
11. 本資料の全部または一部を当社の文書による事前の承諾を得ることなく転載または複製することを固くお断りいたします。
12. 本資料に関する詳細についてのお問い合わせその他お気付きの点等がございましたら当社営業窓口までご照会ください。

注 1. 本資料において使用されている「当社」とは、ルネサスエレクトロニクス株式会社およびルネサスエレクトロニクス株式会社とその総株主の議決権の過半数を直接または間接に保有する会社をいいます。

注 2. 本資料において使用されている「当社製品」とは、注 1 において定義された当社の開発、製造製品をいいます。

# アプリケーション・ノート

## 78K0/Ix2による高輝度LED制御

この資料は、78K0/Ix2マイクロコントローラに搭載している各種機能を使用した高輝度LED制御について説明したものです。内蔵アナログ周辺機能（コンパレータ、A/Dコンバータ）とPWM出力を使用した定電流駆動制御と調光制御について解説しています。

### 対象デバイス

78K0/IY2マイクロコントローラ  
 78K0/IA2マイクロコントローラ  
 78K0/IB2マイクロコントローラ

### 目次

- 第1章 概説 ... 3
  - 1.1 78K0/Ix2を用いた高輝度LED制御の特徴 ... 3
  - 1.2 システム概要 ... 4
- 第2章 各種機能の制御方法 ... 5
  - 2.1 降圧式（Buck）コンバータ... 5
  - 2.2 定電流フィードバック制御 ... 7
    - 2.2.1 内蔵コンパレータによるフィードバック制御 ... 8
    - 2.2.2 内蔵A/Dコンバータによるフィードバック制御 ... 11
  - 2.3 調光制御 ... 14
    - 2.3.1 DC調光制御 ... 14
    - 2.3.2 PWM出力調光制御... 16
  - 2.4 制御インタフェース ... 17
    - 2.4.1 内蔵A/Dコンバータによる制御 ... 17
    - 2.4.2 DMX512プロトコルによる通信制御 ... 21
    - 2.4.3 DALIプロトコルによる通信制御 ... 25
- 付録A 参考回路図（EZ-0005） ... 27
- 付録B 参考部品表（EZ-0005） ... 29
- 付録C 内部基準電圧およびPWM出力デューティ・パラメータ例（内蔵コンパレータによるフィードバック制御時）... 31
- 付録D A/D変換期待値およびPWM出力デューティ・パラメータ例（内蔵A/Dコンバータによるフィードバック制御時）... 32

資料番号 U19666JJ1V0AN00（第1版）  
 発行年月 March 2009 NS

- 本資料に記載されている内容は2009年3月現在のもので、今後、予告なく変更することがあります。量産設計の際には最新の個別データ・シート等をご参照ください。
- 文書による当社の事前の承諾なしに本資料の転載複製を禁じます。当社は、本資料の誤りに関し、一切その責を負いません。
- 当社は、本資料に記載された当社製品の使用に関連し発生した第三者の特許権、著作権その他の知的財産権の侵害等に関し、一切その責を負いません。当社は、本資料に基づき当社または第三者の特許権、著作権その他の知的財産権を何ら許諾するものではありません。
- 本資料に記載された回路、ソフトウェアおよびこれらに関連する情報は、半導体製品の動作例、応用例を説明するものです。お客様の機器の設計において、回路、ソフトウェアおよびこれらに関連する情報を使用する場合には、お客様の責任において行ってください。これらの使用に起因しお客様または第三者に生じた損害に関し、当社は、一切その責を負いません。
- 当社は、当社製品の品質、信頼性の向上に努めておりますが、当社製品の不具合が完全に発生しないことを保証するものではありません。また、当社製品は耐放射線設計については行っておりません。当社製品をお客様の機器にご使用の際には、当社製品の不具合の結果として、生命、身体および財産に対する損害や社会的損害を生じさせないよう、お客様の責任において冗長設計、延焼対策設計、誤動作防止設計等の安全設計を行ってください。
- 当社は、当社製品の品質水準を「標準水準」、「特別水準」およびお客様に品質保証プログラムを指定していただく「特定水準」に分類しております。また、各品質水準は、以下に示す用途に製品が使われることを意図しておりますので、当社製品の品質水準をご確認ください。

標準水準：コンピュータ、OA機器、通信機器、計測機器、AV機器、家電、工作機械、パーソナル機器、産業用ロボット

特別水準：輸送機器（自動車、電車、船舶等）、交通用信号機器、防災・防犯装置、各種安全装置、生命維持を目的として設計されていない医療機器

特定水準：航空機器、航空宇宙機器、海底中継機器、原子力制御システム、生命維持のための医療機器、生命維持のための装置またはシステム等

当社製品のデータ・シート、データ・ブック等の資料で特に品質水準の表示がない場合は、標準水準製品であることを表します。意図されていない用途で当社製品の使用をお客様が希望する場合には、事前に当社販売窓口までお問い合わせください。

（注）

- （1）本事項において使用されている「当社」とは、NECエレクトロニクス株式会社およびNECエレクトロニクス株式会社がその総株主の議決権の過半数を直接または間接に保有する会社をいう。
- （2）本事項において使用されている「当社製品」とは、（1）において定義された当社の開発、製造製品をいう。

# 第1章 概 説

本アプリケーション・ノートでは、78K0/Ix2マイクロコントローラを用いた高輝度LEDの定電流駆動制御と調光制御について解説します

## 1.1 78K0/Ix2を用いた高輝度LED制御の特徴

78K0/Ix2マイクロコントローラを用いた高輝度LED制御では、次のような特徴があります。

LEDドライバICを使用せずに、マイコン内蔵のPWMタイマ（TMX<sub>n</sub>：n = 0, 1）とアナログ機能（コンパレータまたはA/Dコンバータ）を使用して、高輝度LED定電流駆動が可能

- ・コンパレータによる定電流フィードバック制御
- ・10ビットA/Dコンバータによる定電流フィードバック制御

マイコン内蔵のコンパレータまたはPWMタイマを使用して、調光制御が可能

- ・コンパレータの内部基準電圧を使用したDC調光制御
- ・PWMタイマ（TMH1）を使用したPWM調光制御

マイコン内蔵のA/Dコンバータまたは各種通信機能を使用して、高輝度LEDの調光制御が可能

- ・10ビットA/Dコンバータによるボリューム調光
- ・UART機能を使用したDMX512プロトコルによる調光（78K0/IA2，78K0/IB2のみ）
- ・UART（DALIモード）機能を使用したDALIプロトコルによる調光（78K0/IA2，78K0/IB2のみ）

**備考** 本アプリケーション・ノートで紹介している制御方法は、当社が提供する78K0/IB2 HBLEDD評価ボード（EZ-0005）にて評価することが可能です。ボードについての詳細は、下記URLを参照してください。

- ・URL: <http://www.necel.com/micro/ja/solution/lighting/index.html>

## 1.2 システム概要

図1 - 1と図1 - 2に ,78K0/lx2マイクロコントローラを用いた3チャンネルLED制御のシステム・ブロック図例を示します。

図1 - 1 78K0/lx2マイクロコントローラによる3チャンネルLED制御のシステム・ブロック図例  
(コンパレータを使用したフィードバック制御)

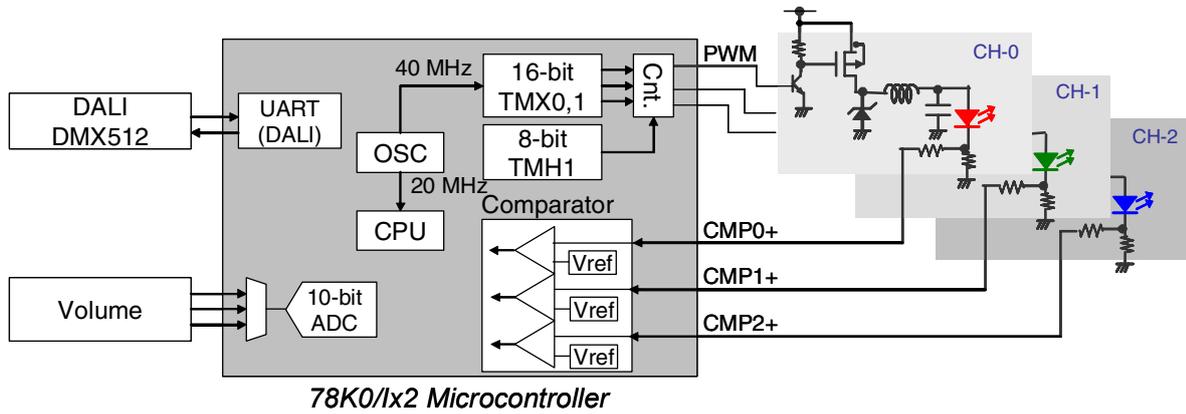
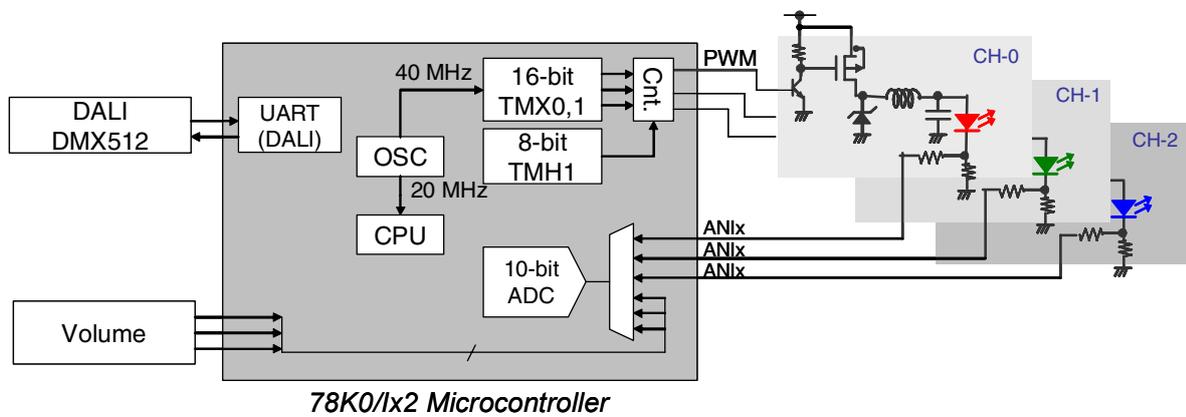


図1 - 2 78K0/lx2マイクロコントローラによる3チャンネルLED制御のシステム・ブロック図例  
(10ビットA/Dコンバータを使用したフィードバック制御)



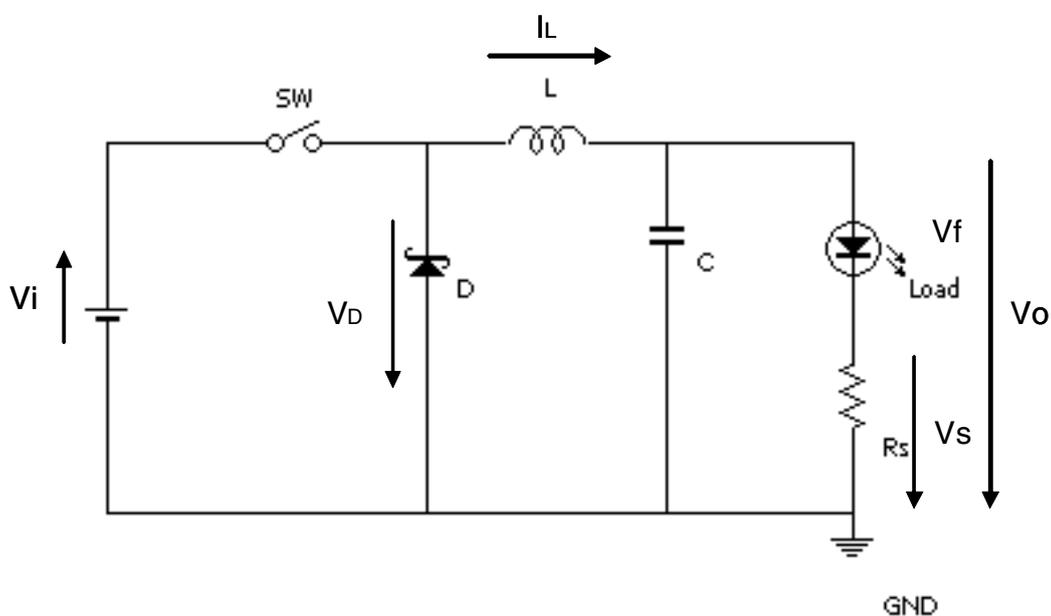
## 第2章 各種機能の制御方法

### 2.1 降圧式 ( Buck ) コンバータ

78K0/1x2マイクロコントローラは、タイマとコンパレータまたはA/Dコンバータを組み合わせることにより、定電流制御を行うことができます。そのため、別途にLED専用の定電流ドライバICなどを使用せずに、高輝度LEDを制御することができます。

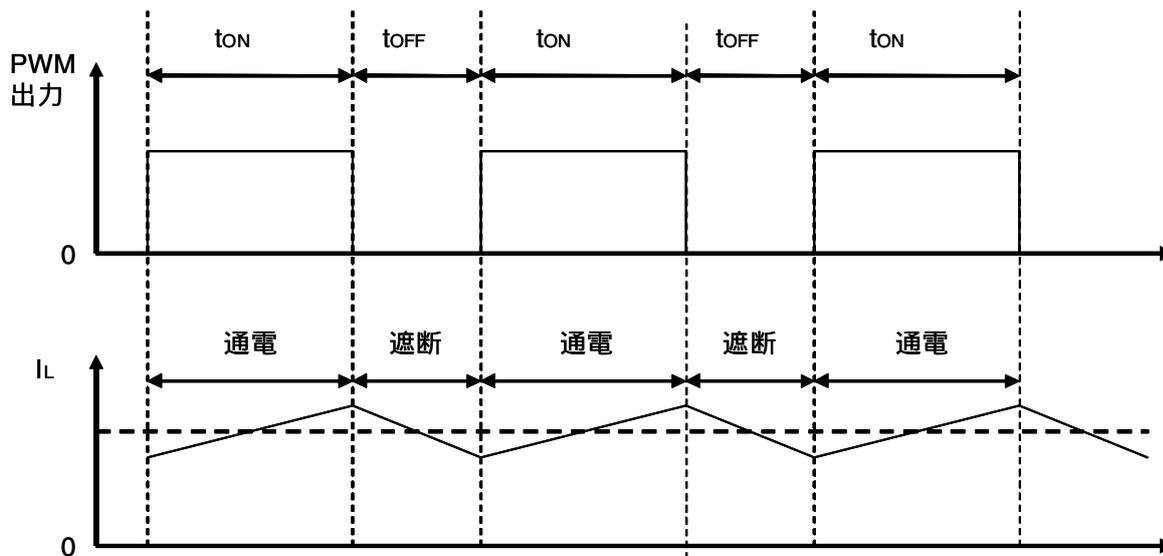
図2 - 1にBuckコンバータの基本構成を示します。

図2 - 1 Buckコンバータの基本構成



Buckコンバータは、インダクタンス ( $L$ )、スイッチ ( $SW$ ) とダイオード ( $D$ ) で構成されます。スイッチ ( $SW$ ) 制御にPWM出力を使用した場合のBuckコンバータによる定電流制御例を図2 - 2に示します。

図2-2 Buckコンバータによる定電流制御例



スイッチ (SW) がONの時、インダクタンス (L) にかかる電圧は  $(V_i - V_o)$  となり、ON期間 ( $t_{ON}$ ) の電流増加は、次のように表すことができます。

$$|I_{L(ON)}| = [(V_i - V_o) \times t_{ON}] / L$$

スイッチ (SW) がONからOFFに切り替わると、電流はインダクタンス (L) から負荷に流れます。OFF期間 ( $t_{OFF}$ ) の電流減少は、次のように表すことができます。

$$|I_{L(OFF)}| = [(V_o - V_D) \times t_{OFF}] / L$$

定常状態では、電流の増減がないので、次のように表すことができます。

$$|I_{L(ON)}| = |I_{L(OFF)}|$$

負荷条件により、ON/OFFの期間の割合 (デューティ) を変化させることで、一定の出力を維持することが可能です。このデューティは次のように表すことができます。

$$\text{Duty} = t_{ON} / t \text{ (スイッチング周期 (t) : } t_{ON} + t_{OFF} \text{)}$$

$$\text{Duty} = V_o / V_i$$

次にインダクタンス (L) とセンス抵抗 ( $R_s$ ) の選択例を示します。

定電流でLEDを制御する場合、順方向電流を一定に制御する必要があります。センス抵抗 ( $R_s$ ) の使用によって、この順方向電流を検出する場合、センス電圧 ( $V_s$ ) は次のようになります。

$$V_s = I_L \times R_s$$

LED駆動時により良い電力効率を求める場合、センス電圧 ( $V_s$ ) をなるべく小さくする必要があります。逆に調光分解能を求める場合、センス電圧 ( $V_s$ ) を大きくする必要があります。またセンス電圧の誤差を抑えるため、高精度なセンス抵抗を選択する必要があります。

LED順方向電流 ( $I_L$ ) = 300 mA, センス電圧 ( $V_s$ ) = 1.4 V とした場合、センス抵抗 ( $R_s$ ) は4.7  $\Omega$  (1 W) を選択することになります。

$$1.4 \text{ (V)} = 0.3 \text{ (A)} \times R_s$$

$$R_s = 1.4 \text{ (V)} / 0.3 \text{ (A)} = 4.7 \text{ } \Omega$$

インダクタンス (L) は次の式から値を算出します。

$$V_L = L \times di / dt$$

$$L = (V_i - V_o) \times \text{Duty} \times t / \text{Iripple}$$

$$\text{Duty} = V_o / V_i$$

$$\text{Iripple (目標)} < I_L \times 1.5 [\%]$$

PWM出力によるスイッチングのデューティを8ビット分解能で行う場合、78K0/1x2マイクロコントローラでは16ビットタイマX0, X1のカウント・ソース・クロック周波数を40 MHzに設定することにより、156.25 kHz (40 MHz/2<sup>8</sup>) のPWM出力が可能になります。

この場合、 $t = 1/f = 1/156.25 \text{ kHz}$  となります。

入力電圧 (V<sub>i</sub>) が5 V, LED電圧 (V<sub>f</sub>) が3.5 V, センス電圧 (V<sub>s</sub>) が1.4 Vの場合、インダクタンス (L) は140 μHより大きくする必要があります。

$$L > (V_i - V_o) \times \text{Duty} \times t / \text{Iripple}$$

$$L > (5.0 - 4.9) \times (4.9/5) \times (1/156250) \times (1/0.3 \times 1.5)$$

$$L > 139.38 [\mu \text{H}]$$

## 2.2 定電流フィードバック制御

前節の図2 - 2の制御例にあるように、定電流での制御を行うためには、センス抵抗 (R<sub>s</sub>) にかかる電圧 (センス電圧 (V<sub>s</sub>)) と制御の目標となるリファレンスが、常に一致になるような制御動作が必要です。すなわち、センス電圧 (V<sub>s</sub>) がリファレンスよりも大きい場合は、PWM出力のデューティを下げ、MOSFETのON時間を短くして、電流 (センス電圧) を下げる必要があります。逆に、センス電圧 (V<sub>s</sub>) がリファレンスよりも小さい場合は、PWM出力のデューティを上げ、MOSFETのON時間を長くして、電流 (センス電圧) を上げる必要があります。

これらのPWM出力制御の元になるセンス電圧 (V<sub>s</sub>) とリファレンスとの比較は、コンパレータを使用する方式とA/Dコンバータを使用する方式があります。コンパレータとA/Dコンバータは、78K0/1x2マイクロコントローラに内蔵しています。コンパレータ方式とA/Dコンバータ方式の特徴は次の通りです。

- ・コンパレータ方式： コンパレータの割り込み発生まではCPUが介在しないので、ソフトウェアの負荷を軽くすることが可能です。
- ・A/Dコンバータ方式： 変換値を随時比較することによって、電流リップルの少ないきめ細やかな制御を行うことが可能です。ただし、A/Dコンバータのチャンネル切り替えや比較などを、すべてCPUで行う必要があります。

MOSFETのスイッチング用PWM出力は、16ビットタイマX0, X1を用いて出力します。16ビットタイマX0, X1は、40 MHzのカウント・ソース・クロック周波数を8ビット分解能で使用(40 MHz/2<sup>8</sup>)することにより、156.25 kHzのスイッチング周波数を実現することができます。

### 2.2.1 内蔵コンパレータによるフィードバック制御

78K0/1x2マイクロコントローラは、内部基準電圧を持つ内蔵コンパレータを3チャンネル搭載しており、内蔵コンパレータによるフィードバック制御により、3チャンネルのLEDを独立して制御することが可能です。

コンパレータ出力による割り込みを両エッジに設定することで、センス電圧 ( $V_s$ ) がリファレンスより大きくなった場合でも小さくなった場合でも、割り込みが発生します。この割り込み発生時に、PWM出力のデューティを変更することにより、定電流駆動を制御します。

コンパレータによる割り込み発生時に、CMPnFフラグによりコンパレータ出力レベルを期待値と比較することで、ノイズによる誤判定を回避することができます。デューティを上げる場合のコンパレータ出力レベルの期待値はハイ・レベル、デューティを下げる場合のコンパレータ出力レベルの期待値はロウ・レベルです。

この期待値との比較により、意図しないノイズによるデューティ変更を防ぐことができます。

図2-3 コンパレータによるフィードバック制御例

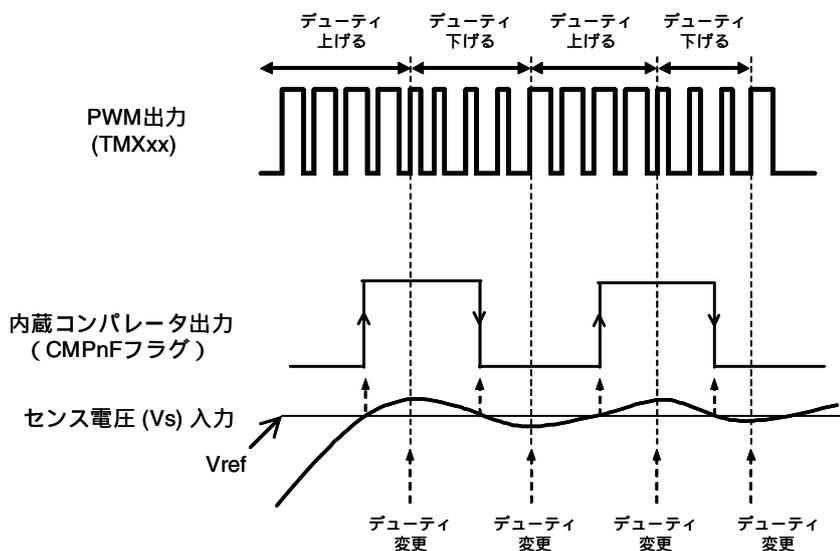
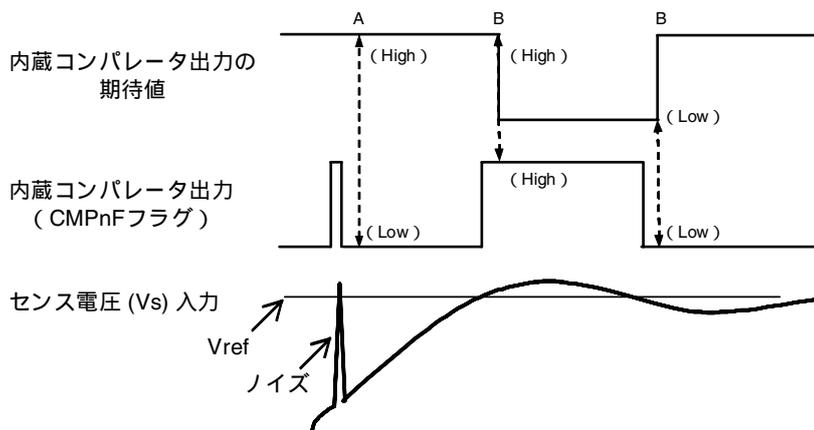


図2-4 ノイズによる誤判定の回避例

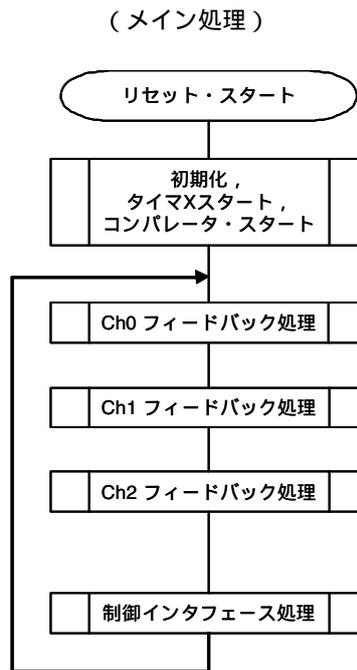


A: CMPnFフラグがコンパレータ出力の期待値と合っていないので、ノイズと判定。

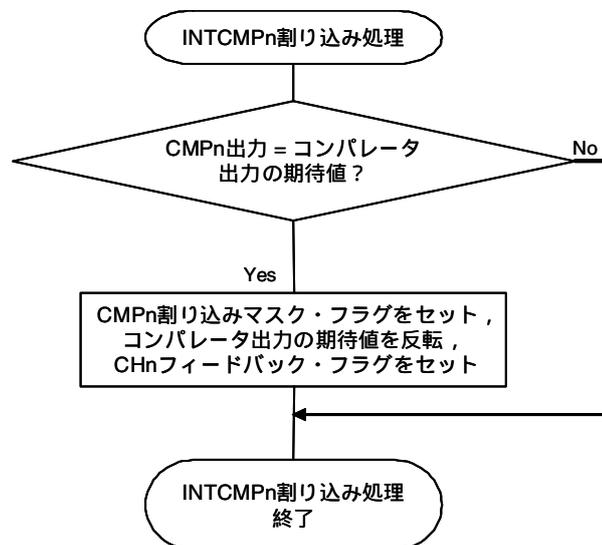
B: CMPnFフラグがコンパレータ出力の期待値と合致したので、PWM出力のデューティ比変更処理実行。

評価ボード (EZ-0005) では、デューティ比を上げる場合と下げる場合のパラメータを、実験により算出しています。パラメータの例は付録Cを参照してください。

図2 - 5 コンパレータによるフィードバック処理フロー・チャート例 (1/2)



(コンパレータn割り込み処理 : n = 0-2)

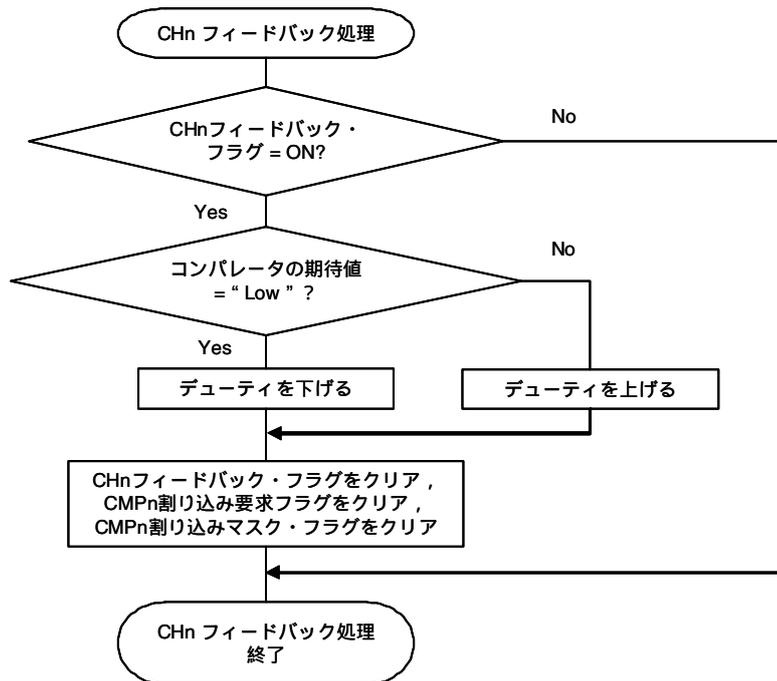


**注意** コンパレータn割り込み処理により、フィードバック処理が開始されます。

**備考** CHnフィードバック・フラグは、PWM出力デューティ変更処理実行のONまたはOFFを示す変数です。

図2 - 5 コンパレータによるフィードバック処理フロー・チャート例 (2/2)

(コンパレータ $n$ フィードバック処理 :  $n = 0-2$ )

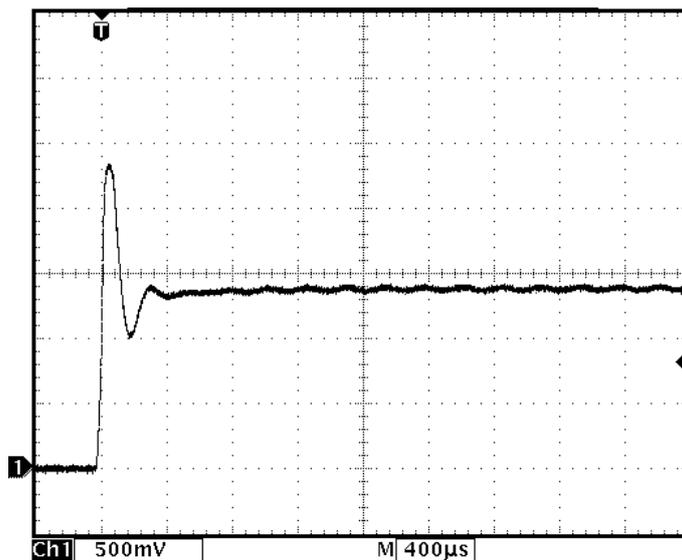


**注意** コンパレータ $n$ 割り込み処理により、フィードバック処理が開始されます。

**備考** CH $n$ フィードバック・フラグは、PWM出力デューティ変更処理実行のONまたはOFFを示す変数です。

コンパレータによるフィードバック時の実測波形を図2 - 6に示します。

図2 - 6 センス電圧 (Vs) の実測波形 (コンパレータによるフィードバック時)



**備考** 回路定数は次のとおりです。

- ・インダクタンス (L) : 150  $\mu$ H
- ・センス抵抗 (Rs) : 4.7  $\Omega$
- ・LEDフォワード電流 : 300 mA

## 2.2.2 内蔵A/Dコンバータによるフィードバック制御

78K0/1x2マイクロコントローラは、最大9チャンネルの10ビットA/Dコンバータを搭載しており、A/Dコンバータによるフィードバック制御により、複数のLEDを独立して制御することが可能です。

A/D変換時間を、最速の $3.3 \mu\text{s}$ に設定すると、1チャンネルあたり約 $20 \mu\text{s}$ でフィードバック処理をすることが可能です。

ターゲット電流に対する検出精度により、A/D変換結果のターゲット値（センス電圧（ $V_s$ ）の基準値）に対する範囲を決めることができます。例えば、入力電圧（ $V_i$ ）=  $V_{DD} = 5\text{V}$ 、センス電圧（ $V_s$ ）=  $1.4\text{V}$ の場合、ターゲット電流に対する検出精度を $\pm 2\%$ にするためには、A/D変換結果のターゲット範囲を $\pm 5\text{LSB}$ に設定します。

A/D変換結果がターゲット値の上限値を越えた場合は、PWM出力のデューティを段階的に下げ、A/D変換結果がターゲット値の下限値を下回った場合は、PWMのデューティを段階的に上げることで、ターゲット範囲内の電流値となるように、定電流制御を行うことができます。

また、LEDの初期点灯時に、ターゲット電流に到達するまでの時間を速くするためには、PWM出力およびA/D変換を開始する前に、PWM出力のデューティをターゲット値付近に設定する必要があります。

A/D変換結果が“0”付近である場合も、PWM出力のデューティをターゲット値付近に設定してください。

評価ボード（EZ-0005）では、A/D変換結果のターゲット値に対するPWM出力のデューティを、実験により算出しています。パラメータの例は付録Dを参照してください。

図2-7 内蔵A/Dコンバータによるフィードバック制御例

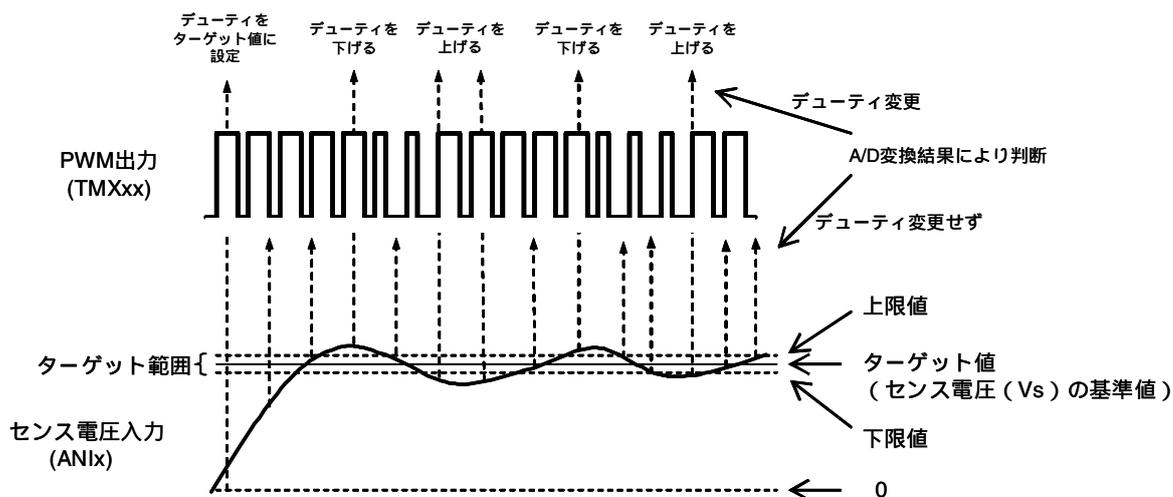


図2-8 A/Dコンバータによるフィードバック処理フロー・チャート例(1/2)

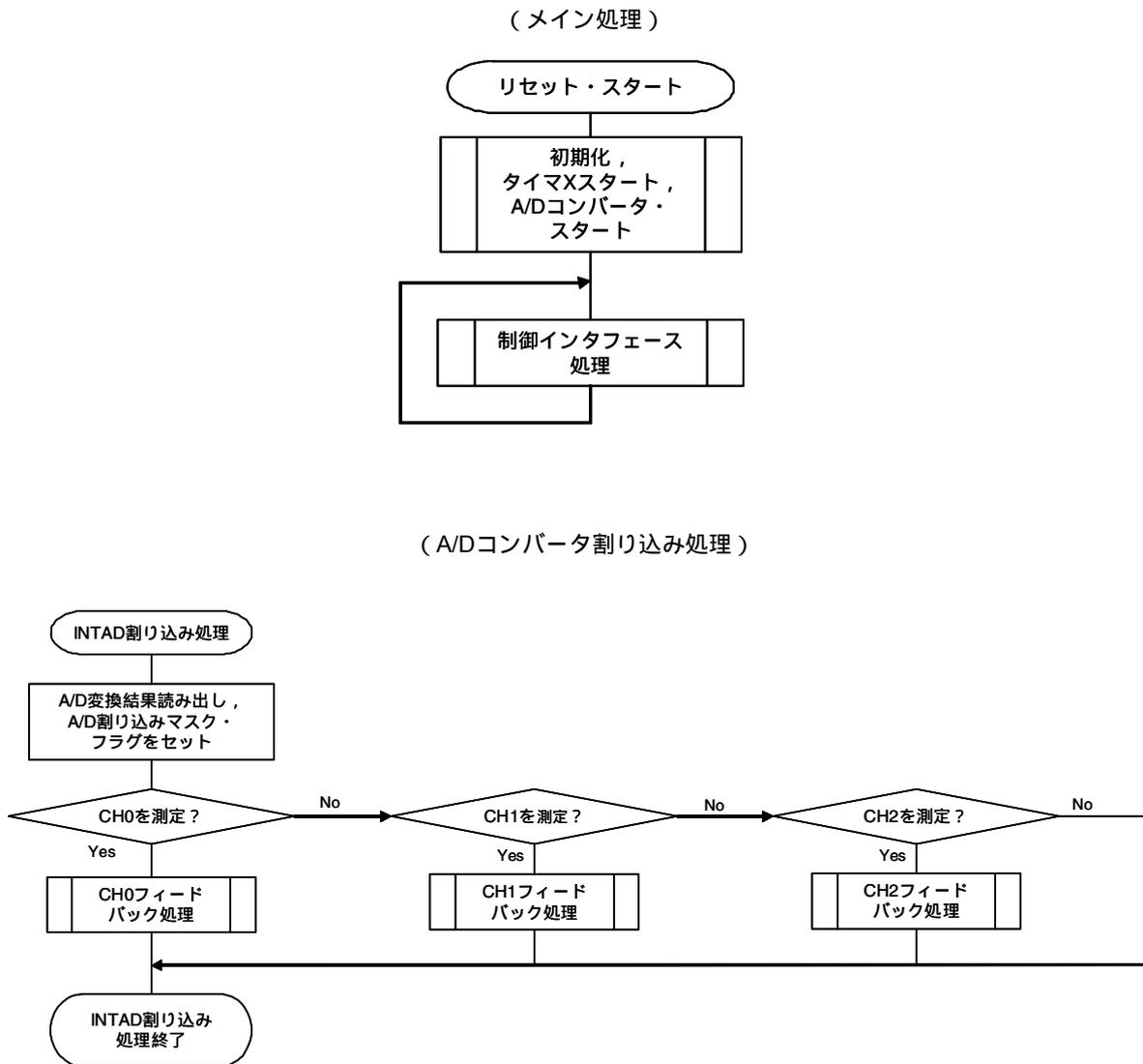
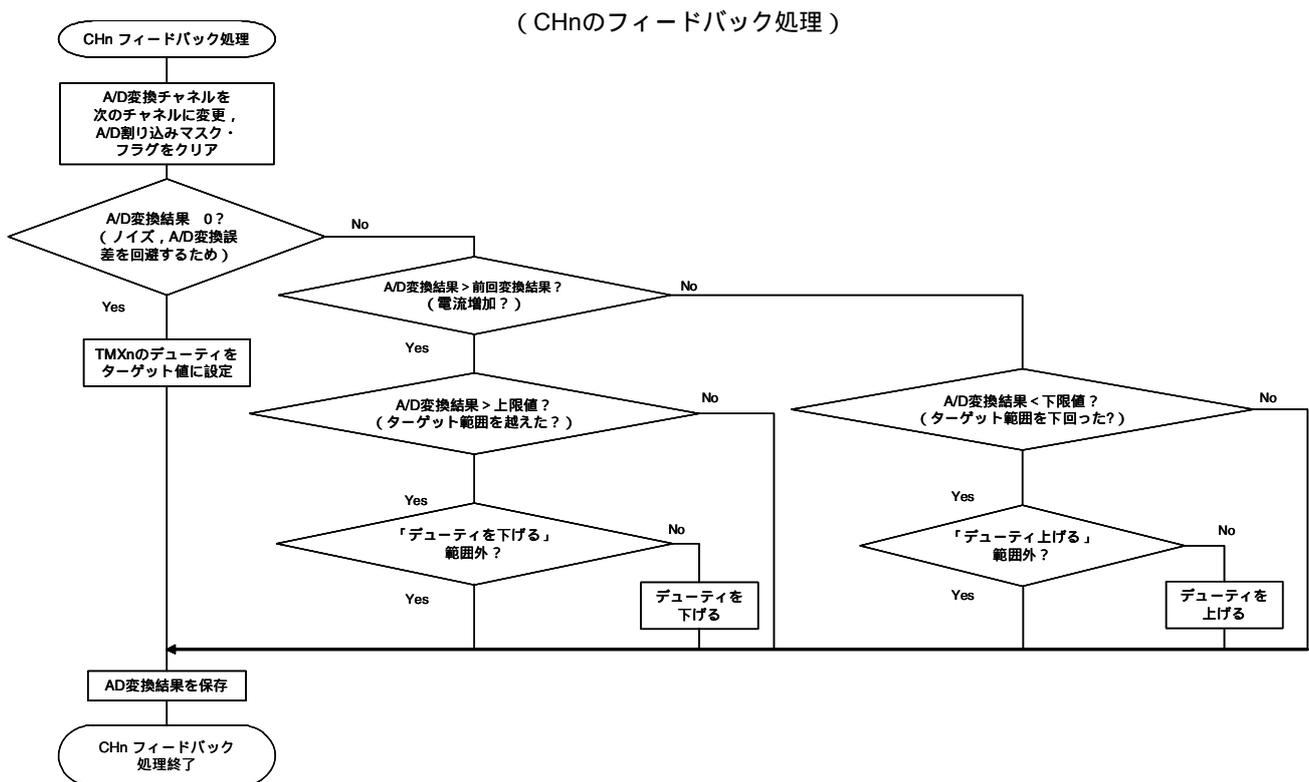
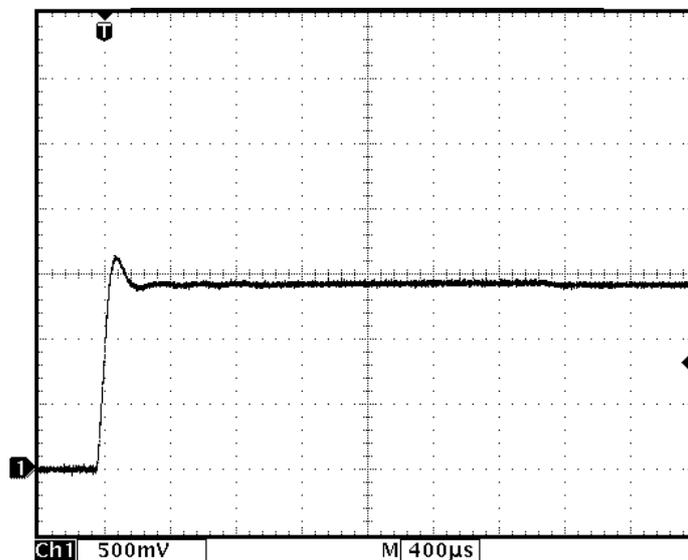


図2 - 8 A/Dコンバータによるフィードバック処理フロー・チャート例 (2/2)



A/Dコンバータによるフィードバック時の実測波形を図2 - 9に示します。

図2 - 9 センス電圧 (Vs) の実測値 (A/Dコンバータによるフィードバック時)



備考 回路定数は次のとおりです。

- ・インダクタンス (L) : 150  $\mu$ H
- ・センス抵抗 (Rs) : 4.7  $\Omega$
- ・LEDフォワード電流 : 300 mA

## 2.3 調光制御

LEDドライブ電流を変更することにより、調光制御が可能です。

78K0/1x2マイクロコントローラを用いたDC調光およびPWM出力調光について、次に説明します。

### 2.3.1 DC調光制御

#### (1) 内部基準電圧変更によるDC調光制御

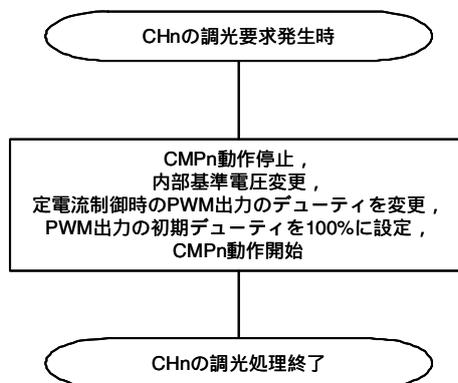
78K0/1x2マイクロコントローラは、コンパレータを3チャンネル搭載しています。このコンパレータは、チャンネルごとに32段階で内部基準電圧を設定することができます。

LEDの定電流制御は、内蔵コンパレータによるフィードバック制御により実現可能です。この方式を応用し、コンパレータの内部基準電圧を変更することにより、LEDに流れる電流の検出値を変えることも可能です。

3チャンネルのLEDを駆動する場合に、各チャンネルのセンス電圧 ( $V_s$ ) を検出しているコンパレータの内部基準電圧を変更すると同時に、PWM出力のデューティのパラメータを変更することにより、チャンネルごとに独立した調光制御を行うことができます。

内部基準電圧は、0.05 V (TYP.) ~ 1.6 V (TYP.) の範囲を、32段階で変更することが可能です。最大輝度での駆動電流時のセンス電圧 ( $V_s$ ) を、内部基準電圧範囲内で、できるだけ高い電圧に設定することにより、調光の分解能を上げることが可能です。

図2 - 10 内部基準電圧変更によるDC調光制御フロー・チャート例



(2) A/D変換結果の判定レベル変更によるDC調光制御

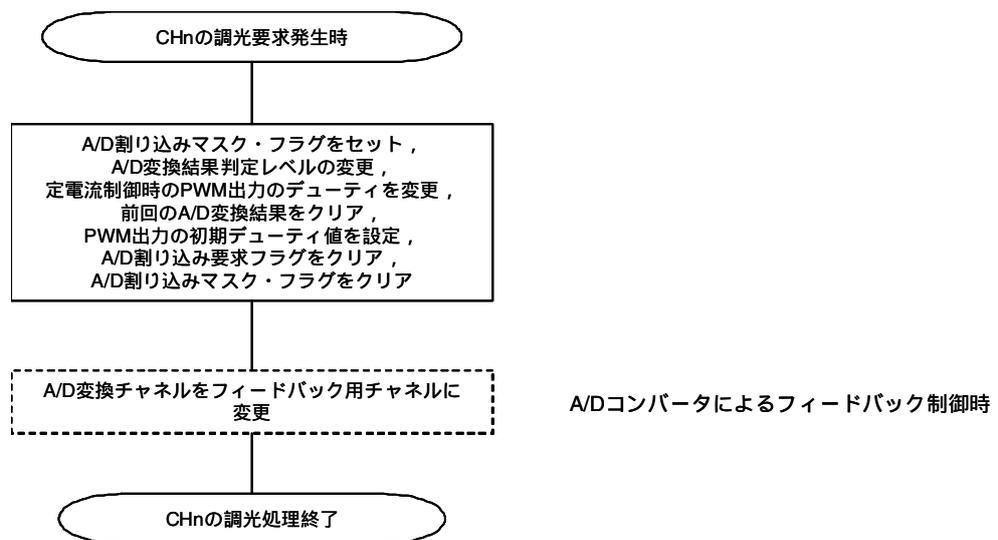
78K0/1x2マイクロコントローラは、10ビットA/Dコンバータを搭載しています。

LEDの定電流制御は、A/Dコンバータによるフィードバック制御により実現可能です。この方式を応用し、A/D変換結果の判定レベルを変更することにより、LEDに流れる電流の検出値を変えることも可能です。

3チャンネルのLEDを駆動する場合、各チャンネルのセンス電圧 ( $V_s$ ) を検出しているA/D変換チャンネルの判定レベルを変更すると同時に、PWM出力のデューティのパラメータを変更することにより、チャンネルごとに独立した調光制御を行うことができます。

最大輝度での駆動電流時のセンス電圧 ( $V_s$ ) を、A/D変換可能な電圧 ( $AV_{REF}$ 以下) で、できるだけ高い電圧に設定することにより、調光の分解能を上げることが可能です。

図2 - 11 A/D変換結果の判定レベル変更によるDC調光制御フロー・チャート例



### 2.3.2 PWM出力調光制御

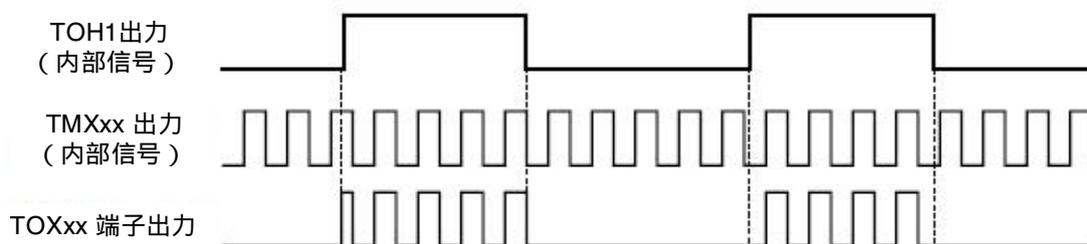
78K0/1x2マイクロコントローラは、16ビット・タイマX0, X1の出力信号を、8ビット・タイマH1の出力でゲート制御する機能を搭載しています。

16ビット・タイマX0, X1からのPWM出力によるLED定電流スイッチング制御で、LEDを定電流で駆動している状態にし、8ビット・タイマH1による出力ゲート機能を用いることで、255ステップでの調光制御が可能です。

8ビット・タイマH1出力により、16ビット・タイマX0, X1の4出力すべてをゲート制御することができます。これにより、8ビット・タイマH1出力からの出力がハイ・レベルの期間またはロウ・レベルの期間中のみ、16ビット・タイマX0, X1からのPWM信号が出力されます。

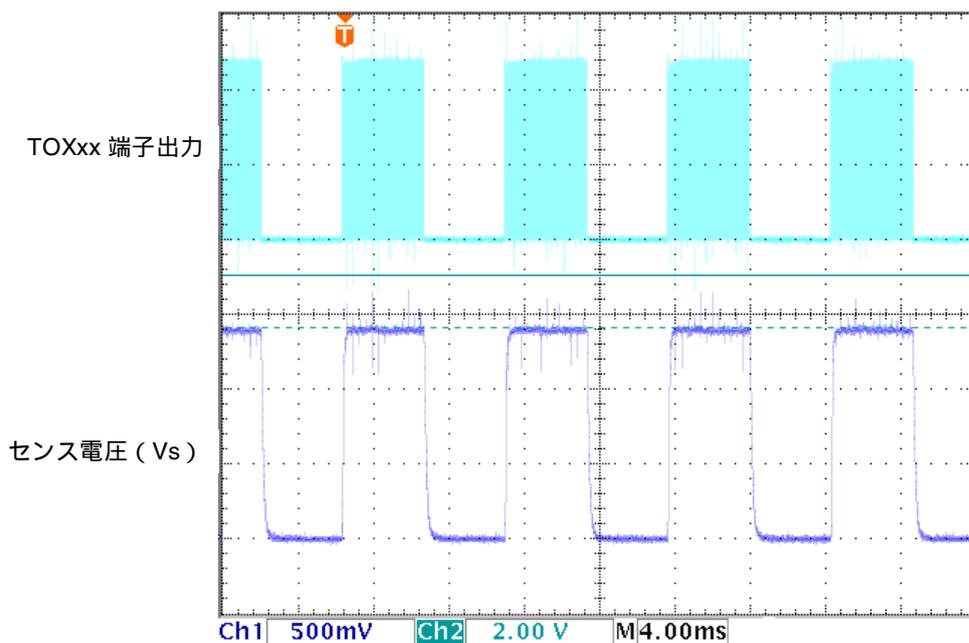
8ビット・タイマH1によるPWM調光では、16ビット・タイマX0, X1からのすべての出力が同期してゲート制御されます。したがって、この方式は、駆動するLEDの全チャンネルを、同時に調光する場合に使用することができます。

図2 - 12 TMH1出力によるTMX0, TMX1の出力ゲート制御タイミング・チャート例



各チャンネルの定電流制御スタート・アップ速度を考慮し、8ビット・タイマH1の出力周波数は、できるだけ低く設定します。実際には、人間の目でちらつき感がないように、100 Hz ~ 数百Hzに設定します。

図2 - 13 TMH1出力によるPWM調光時のセンス電圧とTOXxx出力実測値



## 2.4 制御インタフェース

78K0/1x2マイクロコントローラに搭載している機能により、様々なインタフェースによる調光制御が可能です。

A/Dコンバータによる調光制御，UART機能を用いたDMX512プロトコル通信による調光制御，DALIスレーブ機能を用いたDALI ( Digital Addressable Lighting Interface ) プロトコル通信による調光制御について，次に説明します。

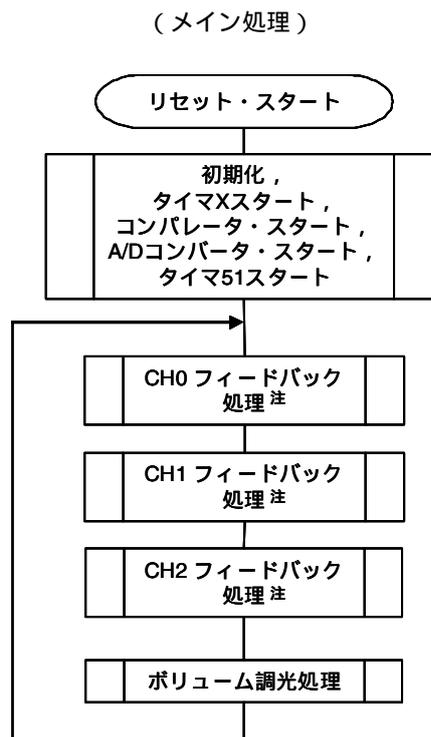
### 2.4.1 内蔵A/Dコンバータによる制御

78K0/1x2マイクロコントローラは，最大9チャンネルで変換可能なA/Dコンバータを搭載しております。電圧を変化するボリュームやセンサなどを，A/Dコンバータ入力に接続することにより，調光することが可能です。

フィードバック制御にA/Dコンバータを用いる場合は，フィードバック制御に使用しないA/D変換チャンネルを，調光制御に使用できます。また，A/Dコンバータによるフィードバック制御と調光制御に，同じA/D変換割り込みを使用します。このため，フィードバック制御手法によって，処理が異なります。

次に3チャンネルのLEDに対し，それぞれボリュームをA/Dコンバータ入力に接続して，調光する場合の処理例を示します。

図2 - 14 A/Dコンバータによる制御フロー・チャート例（コンパレータによるフィードバック制御時）（1/2）

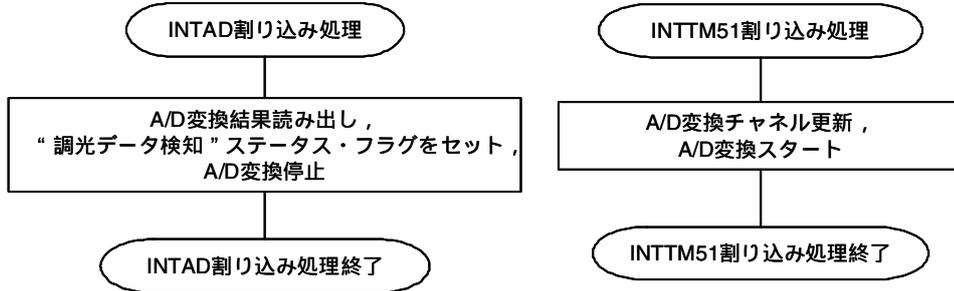


注 CHnフィードバック処理については，[2.2.1 内蔵コンパレータによるフィードバック制御](#)を参照してください。

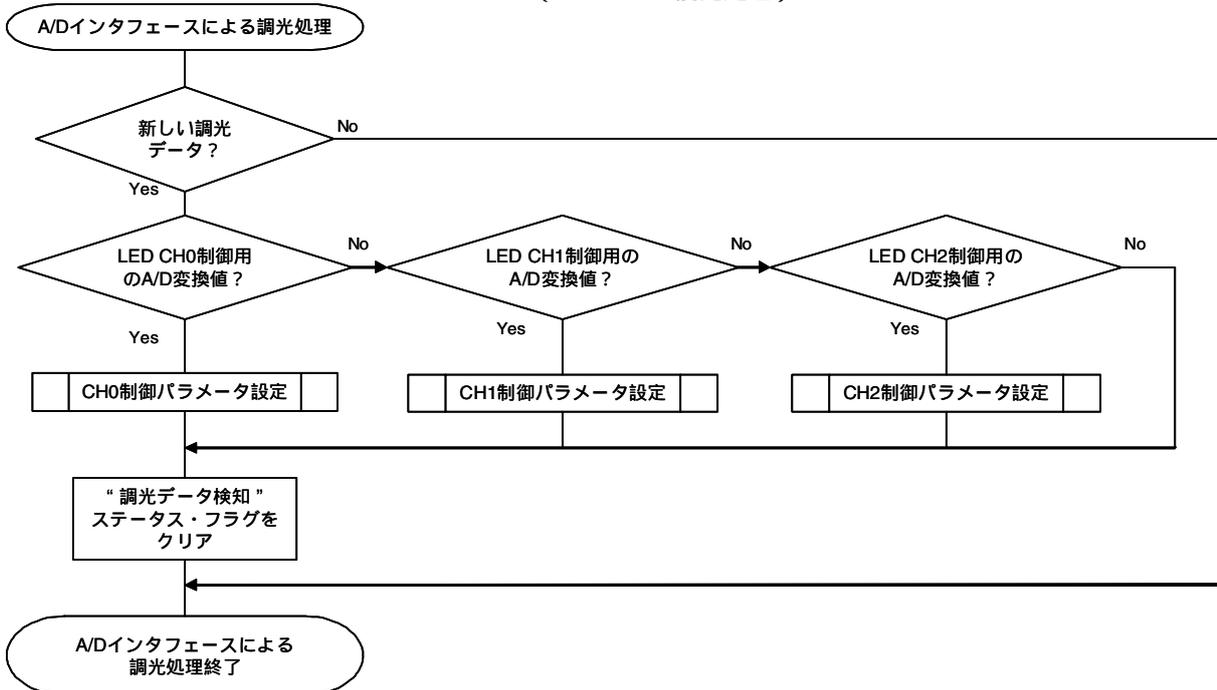
注意 8ビット・タイマ51割り込み処理により，A/D変換がスタートされ，A/D変換割り込み処理により，ボリューム調光処理が開始されます。

図2-14 A/Dコンバータによる制御フロー・チャート例（コンパレータによるフィードバック制御時）（2/2）

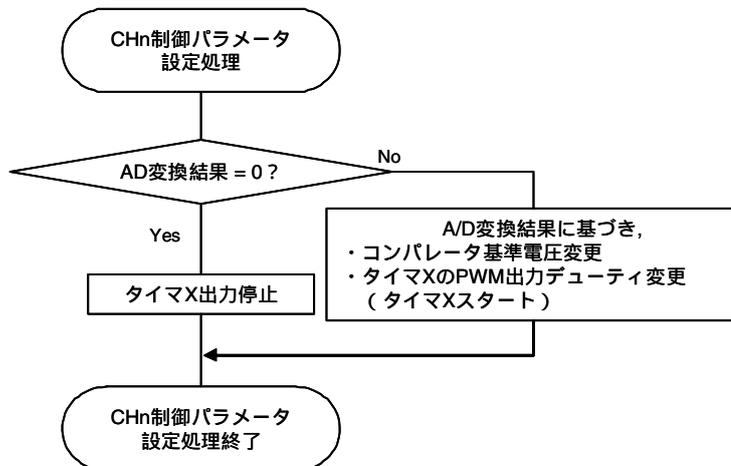
（割り込み処理：A/Dコンバータ，8ビット・タイマ51）



（ボリューム調光処理）



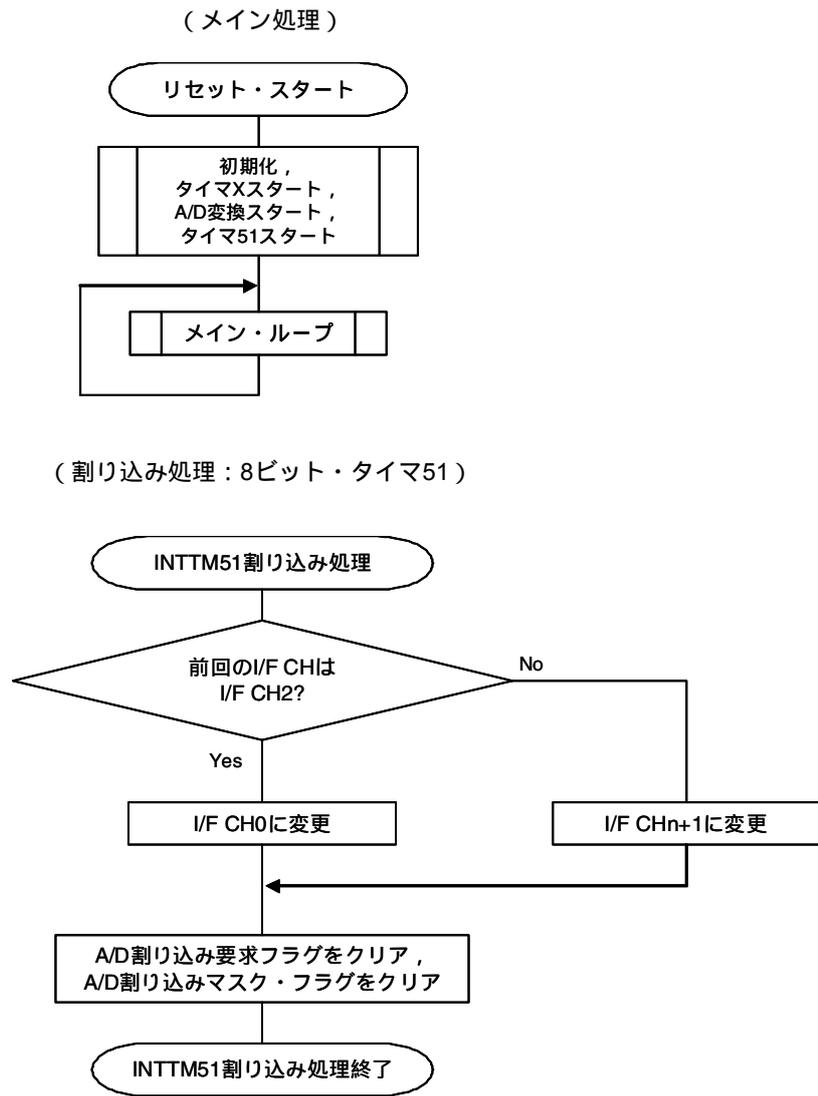
（CHn制御パラメータ設定処理）



**注意** 8ビット・タイマ51割り込み処理により，A/D変換がスタートされ，A/D変換割り込み処理により，ボリューム調光処理が開始されます。

**備考** “調光データ検知”ステータス・フラグは，ボリューム調光処理実行のONまたはOFFを示す変数です。

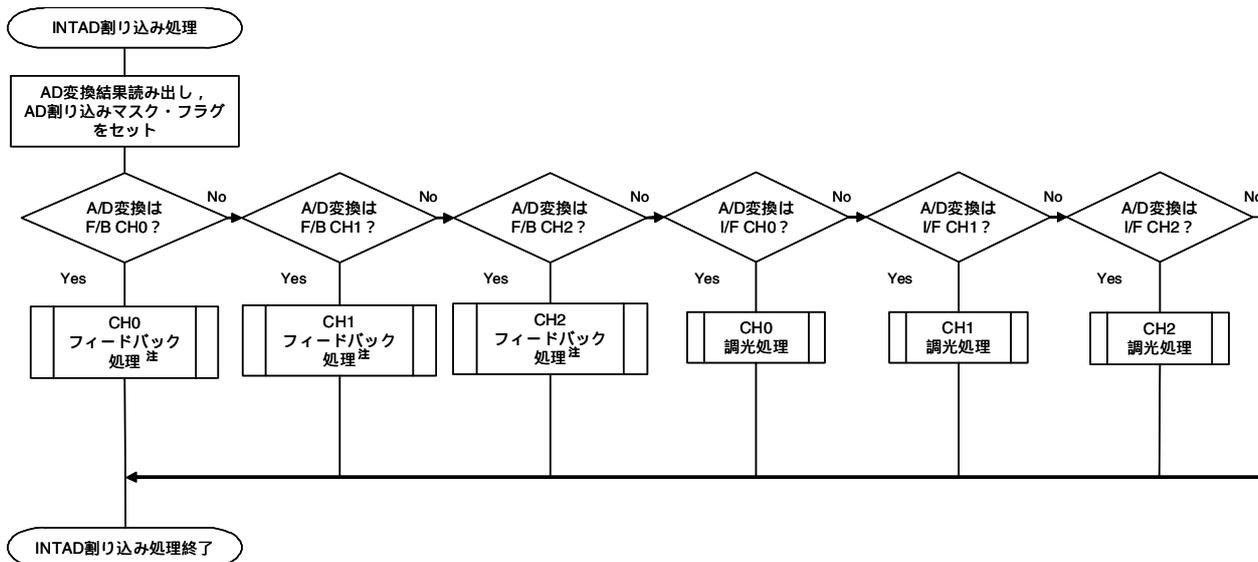
図2 - 15 A/Dコンバータによる制御フロー・チャート例 (A/Dコンバータによるフィードバック制御時) (1/2)



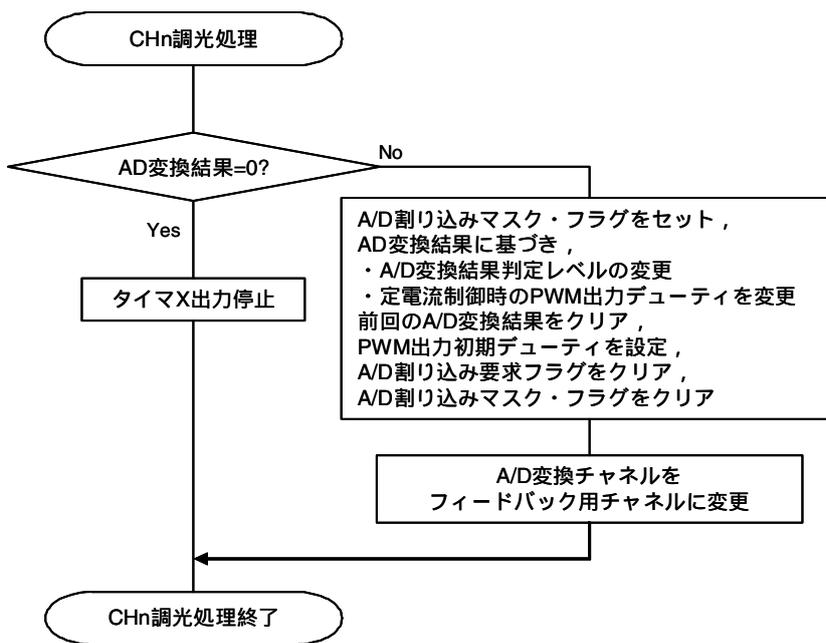
備考 I/F CHn : LED CHn制御インタフェース用A/D変換チャンネル

図2 - 15 A/Dコンバータによる制御フロー・チャート例(A/Dコンバータによるフィードバック制御時) (2/2)

( 割り込み処理 : A/Dコンバータ )



( CHn調光処理 )



注 CHnフィードバック処理については、[2.2.2 内蔵A/Dコンバータによるフィードバック制御](#)を参照してください。

備考 F/B CHn : LED CHnフィードバック処理用A/D変換チャンネル

I/F CHn : LED CHn制御インタフェース用A/D変換チャンネル

## 2.4.2 DMX512プロトコルによる通信制御

DMX512通信は、RS485規格のインターフェースを用いた通信レート250 kHzのプロトコルです。

RS485規格は、デジタル値（ハイ・レベル/ロウ・レベル）を送信するために、3線または2線を使用します。

3線を使用する場合、次のようになります。

- ・ + 信号線（+ S）
- ・ - 信号線（- S）
- ・ グランド信号線（0 V）

図2 - 16にDMX512の受信インターフェースを示します。

図2 - 16 DMX512受信インターフェース

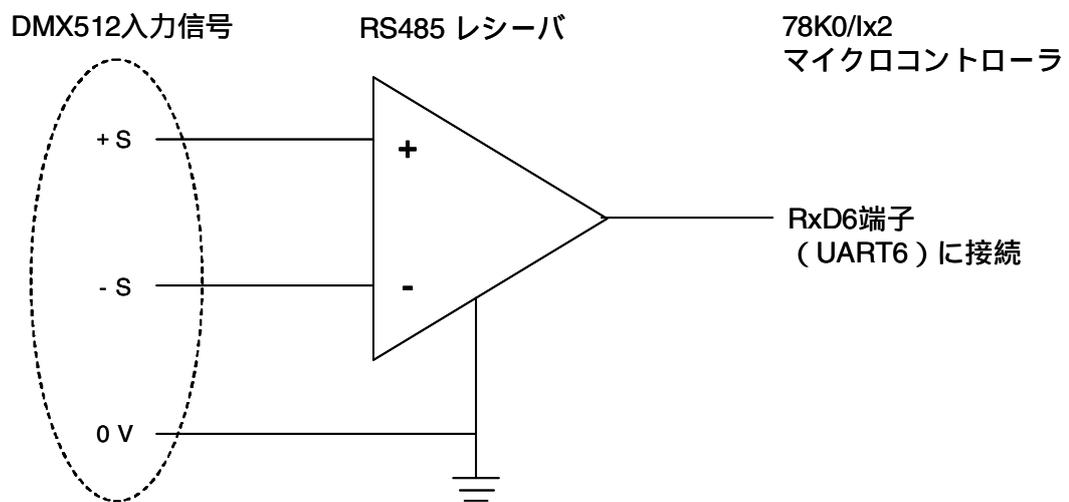
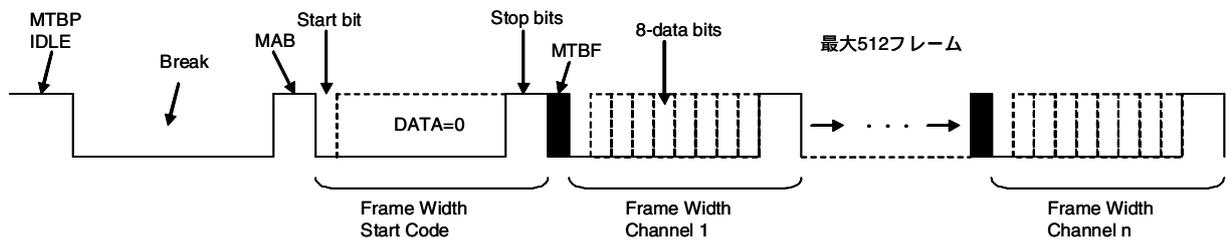


図2 - 17にDMX512のタイミング・チャートを示します。

図2 - 17 DMX512タイミング・チャート



	MIN.	TYP.	MAX.	Unit
Break	88	88	1,000,000	$\mu$ s
MAB		8		$\mu$ s
Frame Width		44		$\mu$ s
Start/Data/Stop bits		4		$\mu$ s
MTBF	0	NS	1,000,000	$\mu$ s
MTBP	0	NS	1,000,000	$\mu$ s

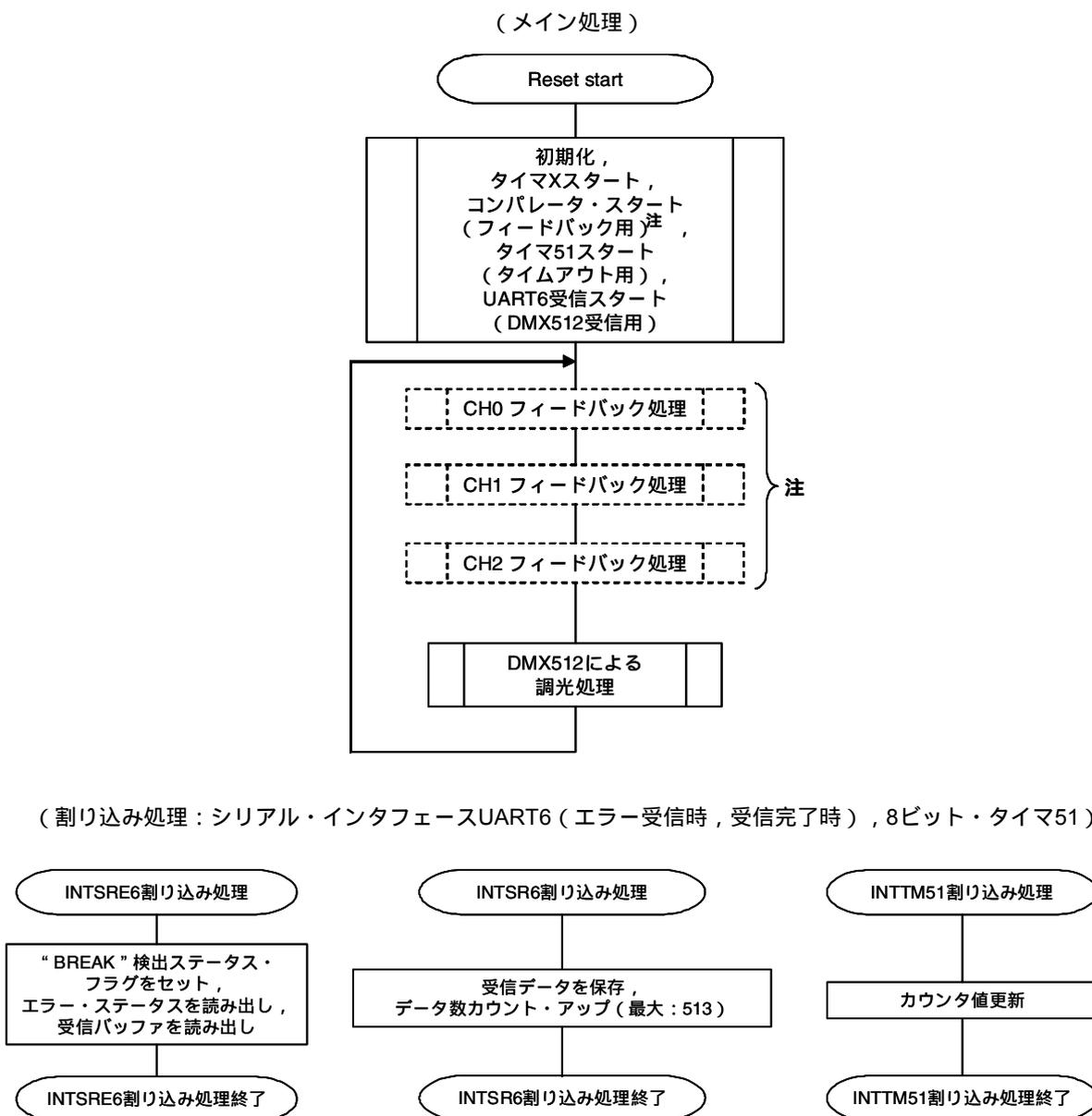
備考 NS : Not specified

DMX512のプロトコルでは、LEDの各チャンネルに対し、それぞれアドレスを割り当てることができます。1つのスレーブが、複数のアドレスを持つことも可能です。

Start Code (SC) 送信後は、アドレス順にデータが自動的に送信 (アドレス1, アドレス2, アドレス3...) されます。スレーブは、データ数をカウントし、自分が制御するアドレスのデータ値を取得することによって、調光制御などを行うことができます。

図2 - 18に、DMX512インタフェースによる調光制御フロー・チャート例を示します。この例では、3チャンネルのLEDを、それぞれ独立したアドレスで制御する場合について示します。

図2 - 18 DMX512インタフェースによる調光制御フロー・チャート例 (1/2)



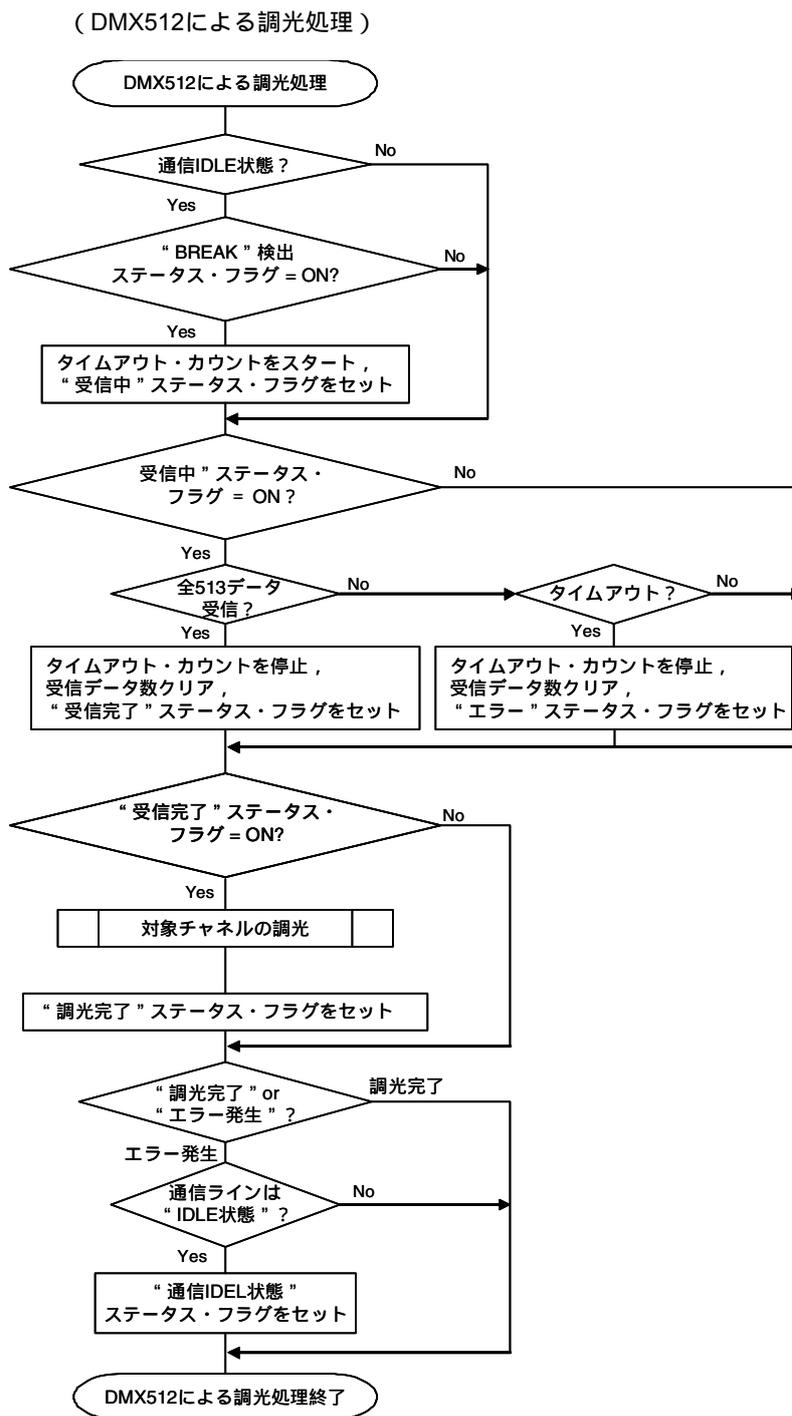
注 コンパレータをフィードバック処理に使用する場合のみ。

コンパレータのフィードバック処理については、[2. 2. 1 内蔵コンパレータによるフィードバック制御](#)を、A/Dコンバータのフィードバック処理については、[2. 2. 2 内蔵A/Dコンバータによるフィードバック制御](#)を参照してください。

注意 シリアル・インタフェースUART6の受信エラー割り込み処理により，DMX512インタフェースによる調光処理が開始されます。

備考 “BREAK”検出ステータス・フラグは，DMX512信号のブレイク・タイムの検知を示す変数です。

図2 - 18 DMX512インタフェースによる調光制御フロー・チャート例 (2/2)



**注意** シリアル・インタフェースUART6の受信エラー割り込み処理により，DMX512インタフェースによる調光処理が開始されます。

**備考** ステータス・フラグは，受信中の通信状態の検知を示す変数です。

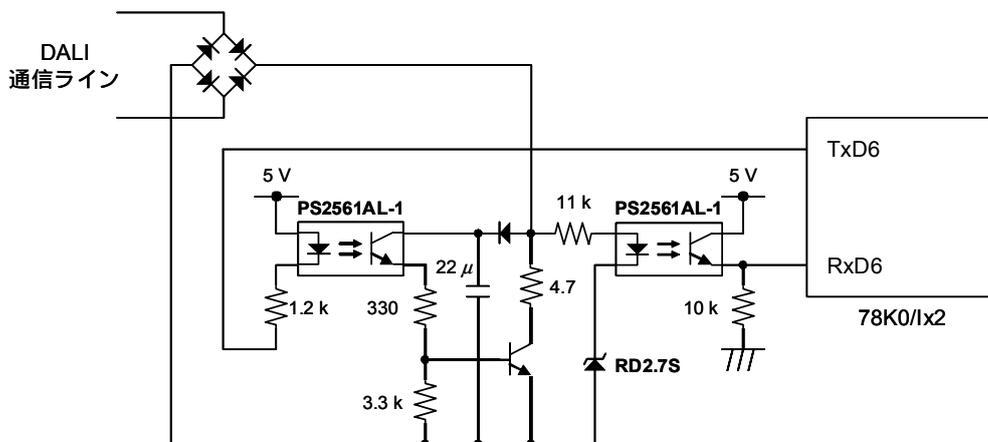
### 2.4.3 DALIプロトコルによる通信制御

78K0/Ix2マイクロコントローラに搭載しているシリアル・インタフェースUART6は、DALIスレーブとして送受信に使用できるモードをサポートしています。

DALI (Digital Addressable Lighting Interface) は、国際オープン規格の照明制御通信プロトコルで、主に複数の蛍光灯やLED照明の調光を制御するために使用します。DALIは、最大64のショート・アドレスと、最大16のグループ・アドレスで構成されたネットワークで、1つのマスタから、1つのスレーブまたは複数のスレーブに対して、半二重のコマンド通信を行います。DALIのコマンドには、8ビット精度の調光レベルの設定や、任意の調光レベルをシーンとして保存または切り替えを行う設定などがあります。通信速度は1200 Hz ± 10 %です。

図2 - 19に78K0/Ix2マイクロコントローラを用いた場合のDALIスレーブ回路例を示します。

図2 - 19 78K0/Ix2マイクロコントローラによるDALIスレーブ回路例



- 備考1. PS2561AL-1はNECエレクトロニクス製のフォトカプラです。  
2. RD2.7SはNECエレクトロニクス製のツェナー・ダイオードです。

DALI通信プロトコルのフレーム構造は、ForwardフレームとBackwardフレームで定義されます。

Forwardフレームは、マスタから送信されるフレームで、19ビットで構成されます。

- スタート・ビット：1ビット
- アドレス・バイト：1バイト
- データ・バイト：1バイト
- ストップ・ビット：2ビット

Backwardフレームは、スレーブから送信されるフレームで、11ビットで構成されます。

- スタート・ビット：1ビット
- データ・バイト：1バイト
- ストップ・ビット：2ビット

図2 - 20 78K0/Ix2マイクロコントローラによるDALI受信タイミング・チャート例

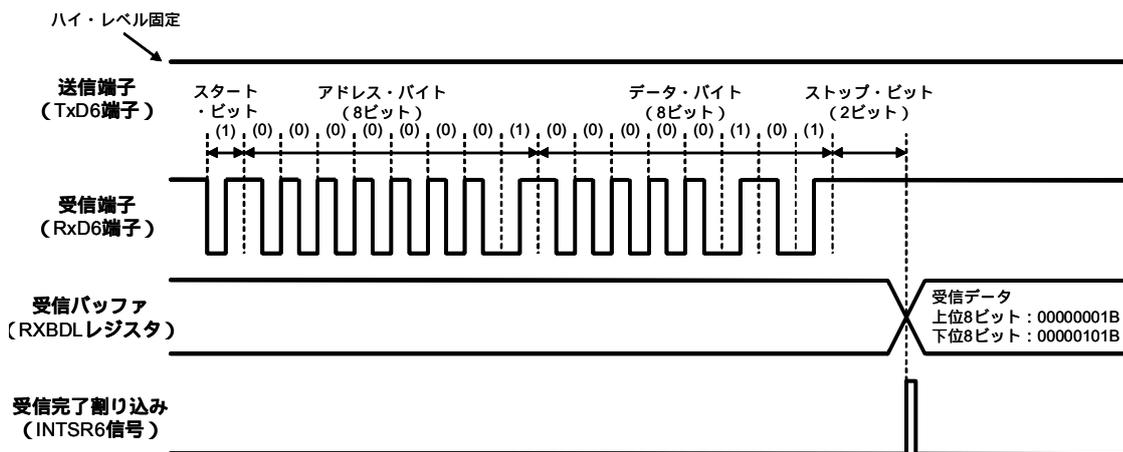
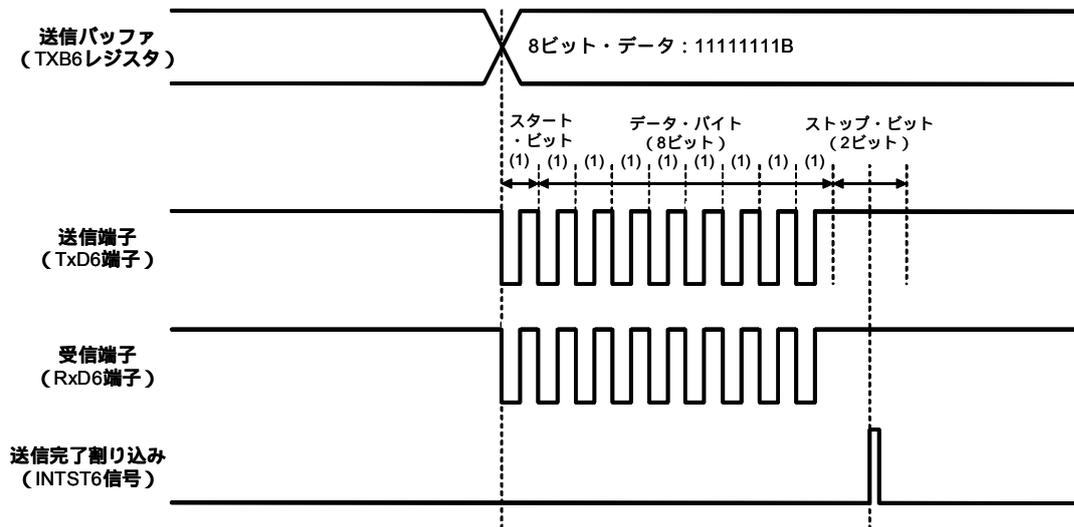


図2 - 21 78K0/Ix2マイクロコントローラによるDALI送信タイミング・チャート例



78K0/Ix2マイクロコントローラを用いたDALI通信制御の詳細については、下記ドキュメントを参照してください。

- ・ [78K0/Ix2による蛍光灯Ballast制御 アプリケーション・ノート \(資料番号 : U19665\)](#)





## 付録B 参考部品表 (EZ-0005)

表B - 1 参考部品表 (EZ-0005) (1/2)

Item No.	Maker	Part No.	Spec
C101	MURATA	GRM31CR60J107M	100 $\mu$ F/10 V
C103	TAIYO YUDEN	UMK325BJ106KH-J	10 $\mu$ F /50 V
C104	MURATA	GRM188B11H102KA01D	1000 pF/50 V
C110	MURATA	GRM188B31H104KA92D	0.1 $\mu$ F/50 V
C111	TAIYO YUDEN	UMK325BJ106KH-J	10 $\mu$ F/50 V
C201	MURATA	GRM31CR60J107M	100 $\mu$ F/10 V
C203	TAIYO YUDEN	UMK325BJ106KH-J	10 $\mu$ F/50 V
C204	MURATA	GRM188B11H102KA01D	1000 pF/50 V
C210	MURATA	GRM188B31H104KA92D	0.1 $\mu$ F/50 V
C211	TAIYO YUDEN	UMK325BJ106KH-J	10 $\mu$ F/50 V
C212	MURATA	GRM188B31H104KA92D	0.1 $\mu$ F/50 V
C213	TAIYO YUDEN	UMK325BJ106KH-J	10 $\mu$ F/50 V
C301	MURATA	GRM31CR60J107M	100 $\mu$ F/10 V
C303	TAIYO YUDEN	UMK325BJ106KH-J	10 $\mu$ F/50 V
C304	MURATA	GRM188B11H102KA01D	1000 pF/50 V
C401	MURATA	GRM188B31H104KA92D	0.1 $\mu$ F/50 V
C508	MURATA	GRM188B31E105K	1 $\mu$ F/25 V
C510	MURATA	GRM188B31E105K	1 $\mu$ F/25 V
C601	TAIYO YUDEN	UMK325BJ106KH-J	10 $\mu$ F/50 V
CN4	HONDA	FFC-20BMEP1	MUSEN YOU
CN7	SATO Parts	ML-800S1V-3P	ML-800S1V X3
CN8	SATO Parts	ML-800S1V-2P	ML-800S1V X2
CN9	SwitchCraft	RAPC722	RAPC722X
D101	NICHIA	NS6R083	LED RED
D102	ROHM	RB055LA-40	RB055L-40
D103	NEC Electronics	RD4.3FM	RD4.3FM
D104	ROHM	RB055LA-40	RB055L-40
D201	NICHIA	NS6G083	LED GREEN
D202	ROHM	RB055LA-40	RB055L-40
D203	NEC Electronics	RD4.3FM	RD4.3FM
D204	ROHM	RB055LA-40	RB055L-40
D301	NICHIA	NS6B083	LED BLUE
D302	ROHM	RB055LA-40	RB055L-40
D303	NEC Electronics	RD4.3FM	RD4.3FM
D304	ROHM	RB055LA-40	RB055L-40
D601	ROHM	RB055LA-40	RB055L-40
D602	NEC Electronics	RD4.3FM	RD4.3FM
L101	TDK	SLF7045T-151MR40-PF	150 $\mu$ H/400 mA
L201	TDK	SLF7045T-151MR40-PF	150 $\mu$ H/400 mA
L301	TDK	SLF7045T-151MR40-PF	150 $\mu$ H/400 mA
Q101	NEC Electronics	$\mu$ PA679TB	$\mu$ PA679TB
Q102	ROHM	DTC123JM	DTC123JM
Q103	NEC Electronics	2SJ355	2SJ355-AZ
Q201	NEC Electronics	$\mu$ PA679TB	$\mu$ PA679TB
Q202	ROHM	DTC123JM	DTC123JM
Q203	NEC Electronics	2SJ355	2SJ355-AZ
Q301	NEC Electronics	$\mu$ PA679TB	$\mu$ PA679TB
Q302	ROHM	DTC123JM	DTC123JM
Q303	NEC Electronics	2SJ355	2SJ355-AZ

表B - 1 参考部品表 (EZ-0005) (2/2)

Item No.	Maker	Part No.	Spec
Q601	NEC Electronics	PS2561AL-1	PS2561AL-1
Q602	NEC Electronics	PS2561AL-1	PS2561AL-1
Q603	Philipps	BC817-25	BC817-25
Q604	VISHAY	MB2S	MB2S
Q605	TI	SN75176BD	SN75176BD
R103	KOA	RK73B1JTDD202J	2 k
R104	KOA	RK73B2ATTD151J	150,1/4 W
R105	KOA	RK73B1JTDD103J	10 k
R106	KOA	RK73B2ATTD151J	150,1/4 W
R107	KOA	RK73B1JTDD333J	33 k
R108	KOA	RK73BW3ATTD4R7J	4.7/1 W
R109	KOA	SR732ETTDR33F	0.33/0.25 W
R110	KOA	RK73B1JTDD470J	47
R203	KOA	RK73B1JTDD202J	2 k
R204	KOA	RK73B2ATTD151J	150,1/4 W
R205	KOA	RK73B1JTDD103J	10 k
R206	KOA	RK73B2ATTD151J	150,1/4 W
R207	KOA	RK73B1JTDD333J	33 k
R208	KOA	RK73BW3ATTD4R7J	4.7/1 W
R209	KOA	SR732ETTDR33F	0.33/0.25 W
R210	KOA	RK73B1JTDD470J	47
R303	KOA	RK73B1JTDD202J	2 k
R304	KOA	RK73B2ATTD151J	150,1/4 W
R305	KOA	RK73B1JTDD103J	10 k
R306	KOA	RK73B2ATTD151J	150,1/4 W
R307	KOA	RK73B1JTDD333J	33 k
R308	KOA	RK73BW3ATTD4R7J	4.7/1 W
R309	KOA	SR732ETTDR33F	0.33/0.25 W
R310	KOA	RK73B1JTDD470J	47
R505	KOA	RK73B1ETTD103J	10 k
R513	KOA	RK73B1ETTD104J	100 k
R514	KOA	RK73B1ETTD104J	100 k
R520	KOA	RK73B1ETTD102J	1 k
R601	KOA	RK73B1ETTD103J	10 k
R602	KOA	RK73H1JTDD1211F	1.21 k
R603	KOA	RK73H1JTDD3320F	332
R604	KOA	RK73H1JTDD3161F	3.16 k
R606	KOA	RK73B2ATTD113J	11 k
R607	KOA	RK73BW3ATTD4R7J	4.7/1 W
R609	KOA	RK73B1ETTD121J	120
R611	KOA	RK73B1ETTD103J	10 k
R612	KOA	RK73B1ETTD102J	1 k
R613	KOA	RK73B1ETTD152J	1.5 k
R614	KOA	RK73B1ETTD222J	2.2 k
R615	KOA	RK73B1ETTD472J	4.7 k
R616	KOA	RK73B1ETTD102J	1 k
SW401	COPAL	CAS-220TB1	CAS-220TB1
SW501	COPAL	B3S-1000	B3S-1000
SW502	COPAL	CVS-08B	CVS-08B
U401	NEC Electronics	μPD78F0756	μPD78F0756
VR601	ALPS	RS15111A900B	RS15111A900B
VR602	ALPS	RS15111A900B	RS15111A900B
VR603	ALPS	RS15111A900B	RS15111A900B

## 付録C 内部基準電圧およびPWM出力デューティ・パラメータ例 (内蔵コンパレータによるフィードバック制御時)

表C - 1 内部基準電圧およびPWM出力デューティ・パラメータ例(内蔵コンパレータによるフィードバック制御時)

I <sub>LED</sub> required(mA)	V <sub>ref</sub> required	Channel 0(REDF)		Channel 1(GREEN)		Channel 2(BLUE)	
		DUTY_max0[28] TX0CR1 value for CH0(REDF)	DUTY_min0[28] TX0CR1 value for CH0(REDF)	DUTY_max1[28] TX0CR2 value for CH1(GREEN)	DUTY_min1[28] TX0CR2 value for CH1(GREEN)	DUTY_max2[28] TX1CR1 value for CH2(BLUE)	DUTY_min2[28] TX1CR1 value for CH2(BLUE)
300	1.4	129	121	2	80	188	170
287	1.35	125	117	68	85	176	167
277	1.3	123	115	72	89	172	163
266	1.25	119	111	78	91	168	160
255	1.2	115	107	80	95	164	156
245	1.15	113	105	84	99	162	153
234	1.1	109	101	88	102	156	148
223	1.05	105	97	90	106	152	144
213	1	101	95	96	110	148	140
202	0.95	97	90	104	115	146	136
191	0.9	95	86	108	119	140	133
181	0.85	91	85	112	123	135	128
170	0.8	87	81	116	128	132	124
160	0.75	83	77	118	132	128	122
149	0.7	79	73	122	138	124	118
138	0.65	77	70	130	143	120	114
128	0.6	73	67	132	147	116	110
117	0.55	71	63	138	152	112	106
106	0.5	67	60	142	157	108	100
96	0.45	65	57	146	161	104	96
85	0.4	63	55	154	167	100	92
74	0.35	61	51	158	174	98	89
64	0.3	57	48	164	178	92	83
53	0.25	55	45	168	182	88	80
43	0.2	53	35	174	196	82	74
32	0.15	47	31	180	202	76	68
21	0.1	35	7	190	238	66	36
11	0.05	23	1	216	250	40	6

注意 上述のパラメータは、実験によって得られた値で、保証値ではありません。

## 付録D A/D変換期待値およびPWM出力デューティ・パラメータ例 (内蔵A/Dコンバータによるフィードバック制御時)

表D - 1 A/D変換期待値およびPWM出力デューティ・パラメータ例  
(内蔵A/Dコンバータによるフィードバック制御時)

I <sub>LED</sub> required(mA)	V <sub>ref</sub> required	Adre[28] Target ADC value	DUTYref0[28] TX0CR1 value for CH0(REDF)	DUTYref1[28] TX0CR2 value for CH1(GREEN)	DUTYref2[28] TX1CR1 value for CH2(BLUE)
300	1.4	287	123	1	171
287	1.35	276	119	84	168
277	1.3	266	116	88	164
266	1.25	256	112	90	161
255	1.2	246	109	94	157
245	1.15	236	106	98	154
234	1.1	225	100	101	149
223	1.05	215	98	105	145
213	1	205	94	109	141
202	0.95	195	91	114	138
191	0.9	184	87	118	134
181	0.85	174	84	122	130
170	0.8	164	80	127	126
160	0.75	154	78	131	123
149	0.7	143	74	137	119
138	0.65	133	71	142	115
128	0.6	123	68	146	111
117	0.55	113	64	151	107
106	0.5	102	61	156	101
96	0.45	92	59	160	98
85	0.4	82	56	166	94
74	0.35	72	53	170	90
64	0.3	61	49	176	85
53	0.25	51	46	181	81
43	0.2	41	43	186	76
32	0.15	31	40	192	71
21	0.1	20	22	224	39
11	0.05	10	10	245	17

注意 上述のパラメータは、実験によって得られた値で、保証値ではありません。

## 【発 行】

NECエレクトロニクス株式会社

〒211-8668 神奈川県川崎市中原区下沼部1753

電話（代表）：(044)435-5111

## 【ホームページ】

NECエレクトロニクスの情報がインターネットでご覧になれます。

URL(アドレス) <http://www.necel.co.jp/>

## 【資料請求先】

NECエレクトロニクスのホームページよりダウンロードいただくか、NECエレクトロニクスの販売特約店へお申し付けください。

---

—— お問い合わせ先 ——

## 【営業関係、デバイスの技術関係お問い合わせ先】

半導体ホットライン

(電話：午前 9:00～12:00、午後 1:00～5:00)

電 話 : (044)435-9494

E-mail : [info@necel.com](mailto:info@necel.com)

## 【マイコン開発ツールの技術関係お問い合わせ先】

開発ツールサポートセンター

E-mail : [toolsupport-micom@ml.necel.com](mailto:toolsupport-micom@ml.necel.com)