

78K0/Ix2 マイクロコントローラ

78K0/Ix2 マイクロコントローラ

R01AN0674JJ0100

Rev.1.00

PFC 制御搭載 LED 照明制御

2011.05.31

対象者 LED照明システムおよび電源システムを設計，開発するユーザのエンジニアを対象としています。
対象製品は，次に示す各製品です。

- ・ 78K0/IB2 : μ PD78F0745, 78F0746, 78F0755, 78F0756
- ・ 78K0/IA2 : μ PD78F0743, 78F0744, 78F0753, 78F0754
- ・ 78K0/IY2 : μ PD78F0740, 78F0741, 78F0742, 78F0750, 78F0751, 78F0752

目的 78K0/Ix2マイクロコントローラによるPFC制御搭載LED照明システムの特徴およびその制御方法を理解していただくことを目的としています。

注意 サンプル・プログラムはあくまで参考用のものであり，当社がこの動作を保証するものではありません。
サンプル・プログラムを使用する場合，ユーザのセット上で十分な評価をしたうえでご使用ください。

目次

| | |
|-------------------------------------|----|
| 第1章 概説 | 2 |
| 1.1 はじめに | 2 |
| 1.2 78K0/Ix2によるLED照明システム制御の特徴 | 3 |
| 1.3 システム・ブロック図 | 4 |
| 1.4 78K0/Ix2使用端子機能 | 5 |
| 1.5 システム動作概要 | 6 |
| 第2章 各種機能の制御方法 | 7 |
| 2.1 LED制御 | 7 |
| 2.1.1 LED制御の概要 | 7 |
| 2.1.2 LED制御のソフトウェア設計 | 9 |
| 2.1.3 PI制御演算式の係数算出方法 | 13 |
| 2.2 PFC制御 | 16 |
| 2.2.1 PFC制御の概要 | 16 |
| 2.2.2 PFC制御のソフトウェア設計 | 19 |
| 付録A EZ-0011外観 | 25 |
| 付録B EZ-0011回路図 | 26 |
| 付録C EZ-0011部品表 | 27 |

第1章 概 説

1.1 はじめに

照明は国内の家庭内電力の約16%を占めており（図1 - 1）、近年のCO₂排出量削減および省エネ化ニーズから照明のLED化が急速に進んでいます。これは、LED照明が従来の白熱電球や蛍光灯に比べて、光源の発光効率が高く、高寿命であることに起因しています。また、システムでの省エネ化のために、通信やセンサ等を使った照明の最適なON/OFF制御や調光制御へのニーズが高まっており、マイクロコントローラによる照明システム制御が必要とされています。一方で、LED照明普及促進のため、低コスト化へのニーズも高まっており、開発工数削減のための基板プラットフォーム化や、アナログ制御ICの機能をマイクロコントローラに取り込む事例が増え続けています。

これらのニーズを受け、このアプリケーションノートでは78K0/lx2マイクロコントローラによるLED照明システム制御の特徴、システム構成およびその制御方法について、PFC制御搭載LED照明評価ボードEZ-0011（写真1 - 1）を用いて解説します。EZ-0011の購入につきましては、別途弊社営業または特約店にお問い合わせください。

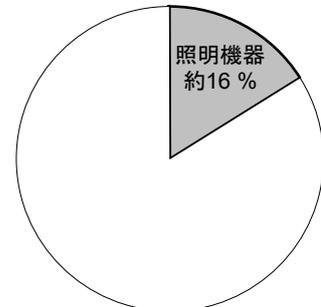


図1 - 1 国内の家庭内電力に占める照明機器の割合

写真1 - 1 EZ-0011の外観



1.2 78K0/lx2によるLED照明システム制御の特徴

78K0/lx2マイクロコントローラを使用したLED照明システムには、次のような特徴があります。

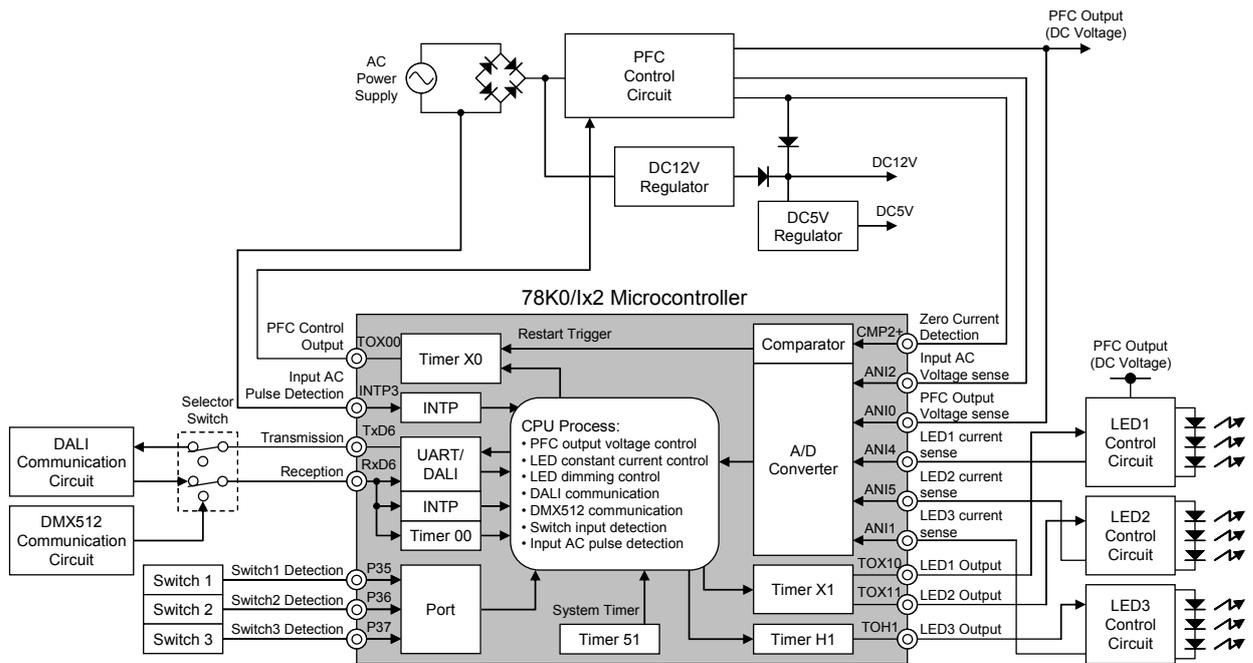
- 16ビット・タイマX0, X1, 00および8ビット・タイマH1のタイマ出力機能により、最大6chのLED定電流 & 調光制御が可能。これにより、LED定電流制御専用ICが不要となり、セットの低コスト化を実現。
- 16ビット・タイマX0のコンパレータ連動タイマ・リスタート機能により、力率改善（PFC: Power Factor Correction）制御が可能。これによりPFC制御専用ICが不要となり、セットの低コスト化を実現。
- 16ビット・タイマX0, X1のコンパレータ連動ハイ・インピーダンス出力機能により、LEDやPFC制御部の過電流または過電圧検出時に即時（CPUを介さず）にPWM出力を緊急停止する保護機能を実現可能。これにより、外付けコンパレータ等による専用保護回路が不要となり、セットの低コスト化を実現。さらに、緊急停止後の動作をソフトウェアで制御可能であり、システムに応じた柔軟な保護機能を実現。
- シリアル・インタフェースUART6/DALIのDALI通信スレーブ機能により、DALI通信規格に準拠したマンチエスタ・コードの送受信（送信：11bit，受信：19bit）を内蔵ハードウェアで実現。これにより、データ送受信時のCPU負荷を削減可能。
- シリアル・インタフェースUART6/DALIの受信端子RxD6は、マイクロコントローラ内部で外部割り込み端子INTP0と16ビット・タイマ00のキャプチャ入力端子TI000に接続可能。これにより、DMX512通信のBreak期間（88 μ s ~ 1 sのロウ・レベル）受信時のスタンバイ・モード解除およびBreak期間のパルス幅測定を実現。
- 16ビット・タイマ00のパルス幅測定機能により、赤外線リモコン信号受信^注時のパルス幅測定をハードウェアで実現。これにより、データ受信時のCPU負荷を削減可能。
- 時間管理や、センサ検出^注時の制御をマイクロコントローラのソフトウェア処理により柔軟に実現。

注 EZ-0011には赤外線リモコン信号の受信回路や、センサ検出用回路を搭載していません。

1.3 システム・ブロック図

図1 - 2にEZ-0011のシステム概略図を示します。このLED照明システムでは、DALI通信やDMX512通信、スイッチ入力に応じて、PFC制御およびLED×3ch制御を行います。これらの制御をPFC制御専用ICやLED定電流制御専用IC なしに、78K0/lx2マイクロコントローラ1つで実現可能であることを特徴としています。

図1 - 2 78K0/lx2マイクロコントローラによるLED照明のシステム・ブロック図



1.4 78K0/lx2使用端子機能

表1 - 1にEZ-0011における78K0/lx2マイクロコントローラの主な使用端子割り当てを示します。

表1 - 1 78K0/lx2マイクロコントローラのポート端子割り当て

| 機能 | 内 容 | 使用機能 名称 | ポート 名称 | I/ O | 78K0/ IY2 (16pin) | 78K0/ IA2 (20pin) | 78K0/ IB2 (30pin/ 32pin) |
|-----------|-----------------------------------|------------|-----------|---------|-------------------------|-------------------------|-----------------------------------|
| LED 制御 | LED1 PWM出力 | TOX10 | P33 | O | ○ | ○ | ○ |
| | LED2 PWM出力 | TOX11 | P34 | O | ○ | ○ | ○ |
| | LED3 PWM出力 | TOH1 | P30 | O | | ○ ^{注1} | ○ ^{注1} |
| | LED1電流監視用アナログ入力 | ANI4 | P24 | I | ○ | ○ | ○ |
| | LED2電流監視用アナログ入力 | ANI5 | P25 | I | ○ | ○ | ○ |
| | LED3電流監視用アナログ入力 | ANI1 | P21 | I | ○ | ○ | ○ |
| | LED1アノード電圧監視用アナログ入力 ^{注2} | ANI6 | P26 | I | | | ○ |
| | LED2アノード電圧監視用アナログ入力 ^{注2} | ANI7 | P27 | I | | | ○ |
| | LED3アノード電圧監視用アナログ入力 ^{注2} | ANI8 | P70 | I | | | ○ |
| PFC 制御 | PFC出力 | TOX00 | P31 | O | ○ | ○ | ○ |
| | ゼロ電流検出用コンパレータ入力 | CMP2+ | P23 | I | ○ | ○ | ○ |
| | DC出力電圧監視用アナログ入力 | ANI0 | P20 | I | ○ | ○ | ○ |
| | AC電源電圧監視用アナログ入力 | ANI2 | P22 | I | | ○ | ○ |
| 通信 | DALI通信送信用出力 | TxD6 | P60 | O | | ○ | ○ |
| | DALI通信 / DMX512通信受信用入力 | RxD6 | P61 | I | | ○ | ○ |
| その他 | スイッチ1入力 | P35 | P35 | I | | | ○ |
| | スイッチ2入力 | P36 | P36 | I | | | ○ |
| | スイッチ3入力 | P37 | P37 | I | | | ○ |
| | AC電源監視用割り込み入力 | INTP3 | P32 | I | ○ | ○ | ○ |

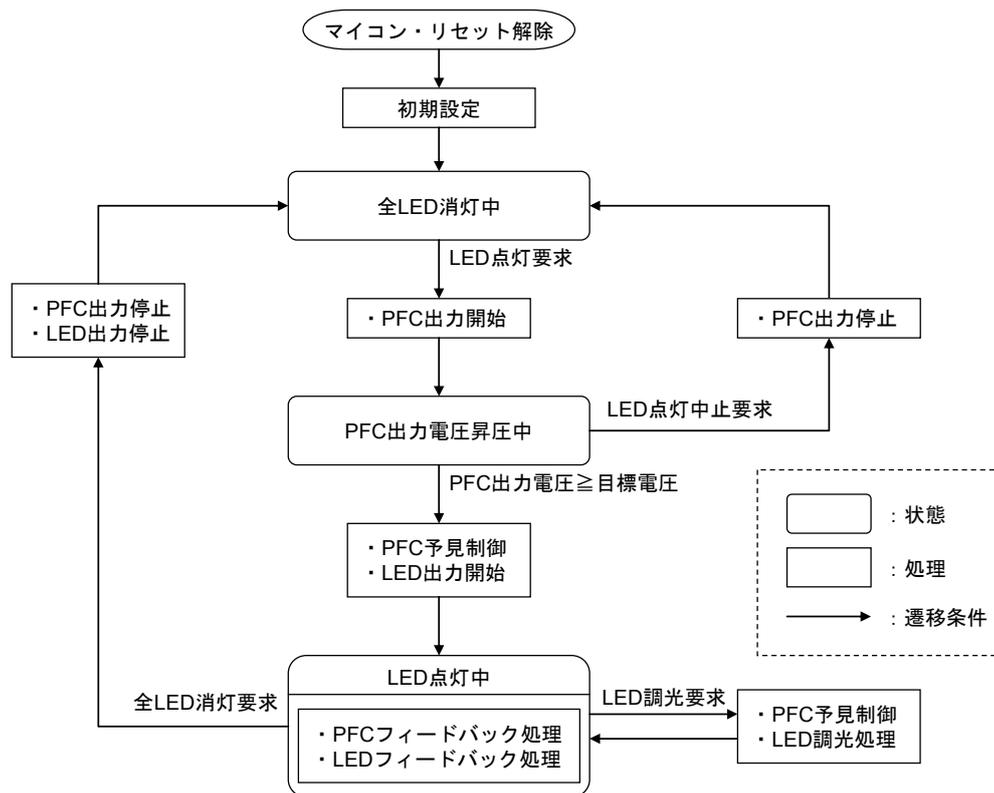
注1. 78K0/IA2および78K0/IB2(32pin)では、P00/TOH1端子をご使用ください。

2. LEDの定電流 / 調光制御に必須の端子ではありません。LEDのオープン / ショート破壊検出に使用可能です。

1.5 システム動作概要

図1 - 3に78K0/lx2マイクロコントローラによるPFC制御搭載LED照明制御の状態遷移図を示します。状態は大きく分けて「全LED消灯中」、「PFC出力電圧昇圧中」、「LED点灯中」の3つあります。これらの状態は、主にDALI通信やDMX512通信、スイッチ入力により遷移します。

図1 - 3 78K0/lx2マイクロコントローラによるPFC制御搭載LED照明制御の状態遷移図



< 遷移条件の定義 >

| | |
|----------------|---|
| LED点灯要求 : | LED1 ~ 3のいずれか1つ以上のLEDを点灯する要求 |
| LED点灯中止要求 : | 点灯予定のLEDすべてを消灯する要求, またはエラー発生 (PFC出力電圧を昇圧開始して一定時間経過しても目標電圧に到達しない, またはPFC出力電圧の過電圧を検出) 時のPFC出力電圧昇圧中止要求 |
| PFC出力電圧 目標電圧 : | PFC出力電圧が目標電圧 (EZ-0011では70V) に到達 |
| LED調光要求 : | 点灯中のLEDを調光 / 消灯する要求, または消灯中のLEDを点灯する要求 |
| 全LED消灯要求 : | 点灯中のLEDすべてを消灯する要求 |

第2章 各種機能の制御方法

本章では、78K0/lx2マイクロコントローラによるLED制御およびPFC制御について、それぞれ制御の概要やソフトウェア設計方法を説明します。

備考 保護機能およびDALI通信の制御方法については、下記ドキュメントをご参照ください。

・78K0/lx2による蛍光灯Ballast制御 アプリケーションノート (U19665J)

また、DMX512通信の制御方法については、下記ドキュメントをご参照ください。

・78K0/lx2による高輝度LED制御 アプリケーションノート (U19666J)

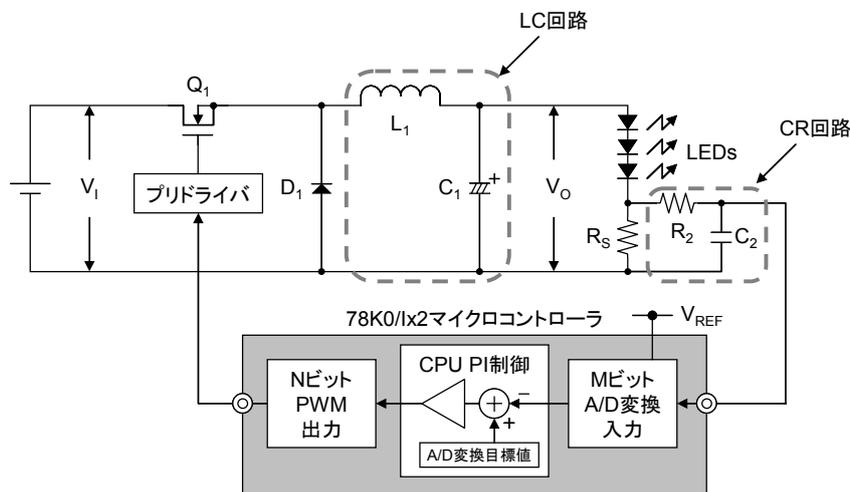
2.1 LED制御

2.1.1 LED制御の概要

78K0/lx2マイクロコントローラは、タイマ出力とA/Dコンバータ入力を組み合わせることで、LEDの定電流制御を行うことが可能です。したがって、マイクロコントローラとは別に定電流制御用のアナログICを使用する必要がありません。

図2 - 1に、実際にEZ-0011で採用しているLED定電流制御用のバックコンバータ回路を示します。

図2 - 1 LED定電流制御用バックコンバータ回路



一定のPWM周波数でQ1をスイッチングすると、そのオン・デューティD (= Q1のオン時間 / Q1のPWMスイッチング周期) に応じて、入力電圧 V_1 と出力電圧 V_0 に次の関係が成り立ちます[※]。

$$V_0 = V_1 \cdot D$$

注 簡単のため影響の小さいダイオードD1の順方向電圧等を式に含みません。

つまり、PWM出力のオン・デューティDを制御することで、出力電圧 V_O を制御することができます。実際に、EZ-0011では、入力電圧 $V_I = 70V$ (= PFC出力電圧)よりPWM出力のオン・デューティDを約71%とすると、出力電圧 V_O は約50Vとなります。

次に、LEDに流れる電流 I_{LED} は、LEDの順方向電圧合計 V_{FT} とセンス抵抗 R_S から次のように求められます。

$$\begin{aligned} I_{LED} &= \frac{V_O - V_{FT}}{R_S} \\ &= \frac{V_I \cdot D - V_{FT}}{R_S} \end{aligned}$$

この式から、電圧 $V_O - V_{FT}$ を一定に制御することでLEDの電流 I_{LED} を定電流制御可能なことがわかります。ここで、 V_{FT} が既知の一定値であれば、A/Dコンバータで出力電圧 V_O を監視することでLED電流 I_{LED} が目的の電流値であるかを確認できそうです。しかし、実際には V_{FT} にLEDの個体バラツキがあるため、出力電圧 V_O を監視するのではなく、センス抵抗 R_S の電圧 $V_O - V_{FT}$ を監視することでLED電流 I_{LED} が目的の電流値であるかを確認する必要があります。つまり、このセンス抵抗 R_S の電圧値をPWM出力のオン・デューティDにフィードバックすることで、LED電流 I_{LED} を目的の電流値に定電流制御します。

次に、実際にEZ-0011においてLED定電流 / 調光制御に使用する78K0/lx2マイクロコントローラの周辺ハードウェアおよびその機能を示します。

- ・ 16ビット・タイマX1・・・PWM出力×2ch
- ・ 8ビット・タイマH1・・・PWM出力×1ch
- ・ A/Dコンバータ・・・LED電流監視

これらの周辺ハードウェアの特徴は次のとおりです。

- ・ 16ビット・タイマX1は同一周期で異なるデューティのPWMを2出力可能。
- ・ 16ビット・タイマX1はカウント・クロックに最大40MHzを、8ビット・タイマH1はカウント・クロックに最大20MHzを選択可能。
- ・ 16ビット・タイマX1と8ビット・タイマH1は、どちらもタイマ動作を停止することなくPWM出力のデューティを変更可能。
- ・ 最大10ビット分解能のA/DコンバータによりLED電流を検出可能。

2. 1. 2 LED制御のソフトウェア設計

ここでは、16ビット・タイマX1出力によるLED制御のソフトウェア設計例について説明します。

(1) LED制御の初期設定

LED制御を開始する前に、78K0/lx2マイクロコントローラの周辺ハードウェアを初期化する必要があります。以下に、16ビット・タイマX1の初期設定サンプル・プログラムを示します。

```
TX1CTL0 = 0b00000000; /* カウント・クロックを40MHzに設定※ */
TX1CTL1 = 0b00001000; /* デュアル出力( TOX10, TOX11端子出力 ), TMX1単体スタートモード */
TX11OC0 = 0b00001100; /* TOX10, TOX11のデフォルト出力状態をロウ・レベルに設定,
                        TOX10, TOX11出力許可 */
```

注 PLLクロック・モードを使用し、16ビット・タイマX1への供給クロックを40MHzに設定した場合

ただし、実際の初期設定においては、これ以外にクロックの設定、ポートの設定、割り込みの設定などを行う必要があります。詳しくは78K0/lx2ユーザーズマニュアル ハードウェア編 (R01UH0010J) をご参照ください。

(2) LED制御の開始

LED制御を開始する場合の設定手順例を示します。これはLEDの点灯のためのPWMデューティ制御を後述の「D) LEDの定電流制御 / 調光制御」を利用して行う場合の例であり、PWM出力開始直後は0%デューティのPWM出力、すなわちデフォルト・レベル出力となります。PI制御によるフィードバック処理後にLED電流値に応じたデューティが出力されます。

PWM出力の初期デューティがゼロになるように設定する。

PWM出力の周波数を設定する。

PWM出力を開始する。

～ のサンプル・プログラムを次に示します。

```
TX1CR0 = LED_CYCLE; /* TOX10出力のデューティを0に設定する */
TX1CR1 = LED_CYCLE; /* TOX10出力のデューティを0に設定する */
TX1CR2 = LED_CYCLE; /* TOX11出力のデューティを0に設定する */
TX1CR3 = LED_CYCLE; /* タイマX1出力周波数を設定 */
TX1TMC = 1; /* タイマX1のカウント動作許可 */
```

備考 サンプル・プログラム中の“LED_CYCLE”は、実際には“255”に定義しています。したがって、タイマX1のカウント・クロックを40MHzに設定しているので、 $40[\text{MHz}] \div (255 + 1) = 156[\text{kHz}]$ がタイマX1のPWM出力周波数となります。

(3) LED制御の停止

LED制御を停止する場合の手順例を示します。 ~ , または ~ , または のみのいずれかでPWM出力停止（デフォルト・レベル出力）となります。

PWM出力のデューティがゼロになるように設定する。

PWM出力の周波数を同値書き込みする。

16ビット・タイマX1の動作を停止する。

~ のサンプル・プログラムを次に示します。

```
TX1CR0 = LED_CYCLE; /* TOX10出力のデューティを0に設定する */
TX1CR1 = LED_CYCLE; /* TOX10出力のデューティを0に設定する */
TX1CR2 = LED_CYCLE; /* TOX11出力のデューティを0に設定する */
TX1CR3 = LED_CYCLE; /* タイマX1出力周波数を設定 */
TX1TMC = 0; /* タイマX1のカウント動作禁止 */
```

(4) LEDの定電流制御 / 調光制御

LEDの定電流制御と調光制御（点灯 / 消灯を含む）は、どちらもPI制御によるフィードバック処理を利用して実現することができます。ここで、PI制御の演算式の一般式は次のとおりです。係数 A_1 と A_2 の導出方法については、2.1.3 PI制御演算式の係数算出方法を参照ください。

$$D(n) = D(n-1) + A_1 \cdot E(n) + A_2 \cdot E(n-1)$$

D(n) : 最新のPWM出力デューティ

D(n-1) : 前回のPWM出力デューティ

E(n) : 最新のエラー値 = (A/D変換目標値) - (最新のA/D変換実測値)

E(n-1) : 前回のエラー値 = (A/D変換目標値) - (前回のA/D変換実測値)

A_1, A_2 : 係数

(a) LEDの定電流制御について

LED電流 I_{LED} の目標値はA/D変換目標値により決定します。A/D変換目標値を X_{TARGET} ^注とすると、設定方法は次のとおりです。

$$X_{TARGET} = INT \left(\frac{I_{LED} \cdot R_S}{V_{REF}} \cdot 2^M + 0.5 \right)$$

注 本節のサンプル・プログラムでは、A/D変換目標値を X_{TARGET} を変数“ucAdCled1Tgt”と定義しています。

たとえば、LED電流 $I_{LED} = 350\text{mA}$ で定電流制御を行う場合、センス抵抗 $R_S = 4.7\Omega$ 、A/Dコンバータ用基準電圧 $V_{REF} = 5\text{V}$ 、A/D変換分解能 $M = 10\text{bit}$ とすると、A/D変換目標値 $X_{TARGET} = 337$ に設定します。また、この式からA/D変換目標値 X_{TARGET} を“1”変化させることで、LED電流 I_{LED} を約1mA変化できることが分かります。これと同時に、 X_{TARGET} の ± 0.5 の量子化誤差により、LED電流 I_{LED} に \pm 約0.5mAの誤差が生じます。

(b) LEDの調光制御について

LED定電流の目標値を変更することにより電流調光を行うことができます。つまり、調光時はA/D変換目標値 X_{TARGET} を変更します。これにより、PI制御の目標値が変更されることとなり、マイクロコントローラは理想値 X_{TARGET} に向かってフィードバック制御を行うこととなります。たとえば、LED電流を350mAから100mAに変更したい場合は、 X_{TARGET} 値を“337”から“96”に変更します。

動作概要は次のとおりです。

LED 電流センス抵抗電圧の A/D 変換を開始する。

A/D 変換目標値を読み出す。

A/D 変換中に PI 制御の「 $A_2 \times E(n-1)$ 」を計算する。

A/D 変換値を読み出す。

A/D 変換の結果、LED が過電流であれば LED 出力と PFC 出力の停止処理を行う（この場合、以降 ~ の PI 制御用処理は実行しない）。

A/D 変換の結果、LED が過電流でなければ「 $A_1 \times E(n) + A_2 \times E(n-1)$ 」を計算する。

現在の PWM 出力デューティ「 $D(n-1)$ 」と の結果「 $A_1 \times E(n) + A_2 \times E(n-1)$ 」を比較し、「 $D(n-1) + A_1 \times E(n) + A_2 \times E(n-1)$ 」の計算結果がデューティ $D(n)$ の上限値^{注1} ~ 下限値^{注2}の範囲内となるようであればこの計算結果をデューティ $D(n)$ に設定し、範囲外であれば上限値または下限値をデューティ $D(n)$ に設定する。

PWM 出力のデューティ設定値を更新する。

更新したデューティを実際の出力に反映するために PWM 出力の周期設定値を同値書き込みする。

注1. 上限値はPWM出力のオン・デューティが100%以下となる範囲で設定します。

2. 下限値はPWM出力のオン・デューティが0%以上となる範囲で設定します。

～ のサンプル・プログラムを次に示します。

```
ADS = ADCH_VLED1; /* */
ADIF = 0;
shAdCled1Tgt = ushReqLed1; /* */
shErrLED1 = cushA2 * (shAdCled1Tgt - ushAdLed1); /* */
while (!ADIF) {}
ushAdLed1 = ADCR; /* */
if (ushAdLed1 > AD_CLED1_OVER)
{
    stop_pfcled(); /* */
}
else
{
    shErrLED1 += cushA1 * (shAdCled1Tgt - ushAdLed1); /* */
    if (shErrLED1 >= 0)
    {
        if (LED_DUTY_MAX_SL10 - uIDutyLED1 >= shErrLED1)
        {
            uIDutyLED1 += shErrLED1; /* */
        }
        else
        {
            uIDutyLED1 = LED_DUTY_MAX_SL10; /* */
        }
    }
    else
    {
        if (uIDutyLED1 > - shErrLED1)
        {
            uIDutyLED1 += shErrLED1; /* */
        }
        else
        {
            uIDutyLED1 = 0; /* */
        }
    }
    TX1CR0 = LED_CYCLE - (unsigned char)(uIDutyLED1 >> 10); /* */
    TX1CR3 = LED_CYCLE; /* */
}
}
```

2.1.3 PI制御演算式の係数算出方法

ここでは、2.1.2 LED制御のソフトウェア設計で示したPI制御の演算式における係数の算出方法について説明します。ここで、係数 A_1 と A_2 は次の式から求めることができます。

$$A_1 = (\pi \cdot f_z \cdot T + 1) \cdot K_p$$

$$A_2 = (\pi \cdot f_z \cdot T - 1) \cdot K_p$$

ω : 円周率

f_z : ゼロ点周波数

T : フィードバック周期

K_p : 比例定数

つまり、この f_z 、T、 K_p の3つのパラメータを決定することで、係数 A_1 、 A_2 を求めることができます。これらのパラメータは、LED制御回路のゲインにより求めることができます。

(1) 制御回路のポール点周波数からゼロ点周波数 f_z を求める

図2-1に示すように、この制御回路にはポール点がLC回路によるものと、CR回路によるものの2箇所にあります。これらのポール点周波数は、それぞれのカットオフ周波数に等しいとみなせるため、前者を f_{C1} 、後者を f_{C2} とすると、 $L_1 = 820\mu\text{H}$ 、 $C_1 = 27\mu\text{F}$ 、 $C_2 = 0.1\mu\text{F}$ 、 $R_2 = 1\text{k}\Omega$ から、次のとおり求めることができます。

$$f_{C1} = \frac{1}{2\pi\sqrt{L_1 \cdot C_1}} = 1[\text{kHz}]$$

$$f_{C2} = \frac{1}{2\pi \cdot C_2 \cdot R_2} = 1.6[\text{kHz}]$$

ゼロ点周波数はこれらより低い周波数で設定します。ここでは、下記のとおり設定します。

$$f_z = 500[\text{Hz}]$$

(2) ゼロ点周波数 f_z からフィードバック周期Tを求める

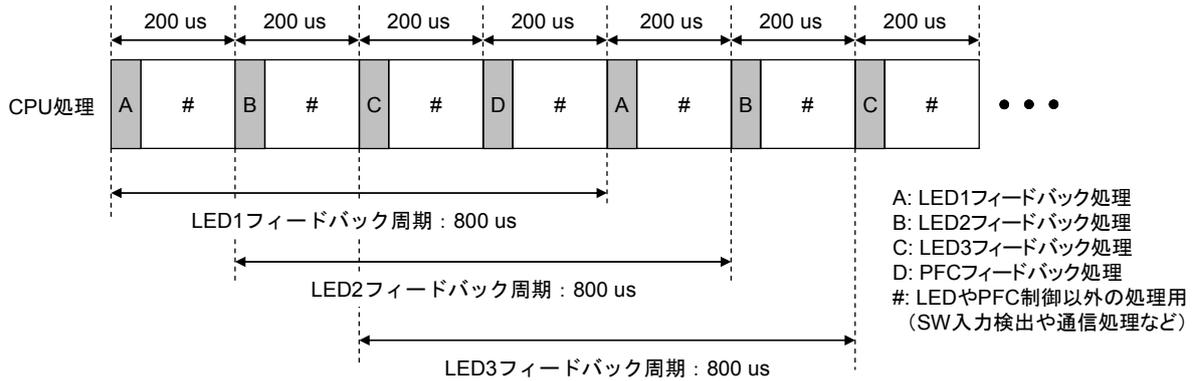
サンプリング定理より、サンプリング周波数 (= フィードバック周期Tの逆数) はゼロ点周波数 f_z の2倍以上とする必要があります。すなわち、フィードバック周期Tとゼロ点周波数 f_z の関係は次の式で表されます。

$$T < \frac{1}{2f_z}$$

したがって、(1)より $f_z = 500\text{Hz}$ を代入し、フィードバック周期 T は1[ms]未満となります。次に、フィードバック処理へのCPU負荷を考慮します。定常的なフィードバックを必要とするのはLED定電流制御×3chとPFC出力定電圧制御×1chの合計4ch分です。ここでは、図2-2のようにそれぞれ200[μs]ごとにフィードバック処理を行うことでCPU負荷の分散を行うとし、フィードバック周期 T を次のとおり設定します。

$$T = 800[\mu\text{s}]$$

図2-2 フィードバック処理のためのCPU負荷分散イメージ



(3) マイクロコントローラのA/Dコンバータ入力→PWM出力のゲインから比例定数 K_P を求める

マイクロコントローラのA/Dコンバータ入力 PWM出力のゲインは、A/D変換およびPWMデューティの分解能に対するLED電流変化量から求めることができます。

まず、A/D変換の分解能に対するLED電流の変化量を求めます。LED電流を I_{LED} 、これによるセンス抵抗 R_S の電圧をA/D変換した結果を X 、その際のA/D変換の分解能を M ビット、A/Dコンバータの基準電圧を V_{REF} とすると、次の関係が成り立ちます。

$$I_{LED} \cdot R_S = \frac{V_{REF} \cdot X}{2^M}$$

ここで、A/D変換1ビットあたりのLED電流変化量を i_{AD} とすると、 $X = 1$ を代入して次のようになります。

$$i_{AD} = \frac{V_{REF}}{R_S \cdot 2^M}$$

次に、PWMデューティの分解能に対するLED電流の変化量を求めます。LED電流を I_{LED} 、LEDの順方向電圧合計を V_{FT} 、このときのPWM出力デューティ・レジスタ設定値+1を Y 、PWM出力の分解能を N ビットとすると、次の関係が成り立ちます。

$$I_{LED} \cdot R_S + V_{FT} = \frac{V_I \cdot Y}{2^N}$$

ここで、PWMデューティ1ビットあたりのLED電流変化量を i_{PWM} とすると、LEDの順方向電圧が一定と考え、さらに $Y = 1$ を代入することで、次のようになります。

$$i_{PWM} = \frac{V_I}{R_S \cdot 2^N}$$

したがって、A/Dコンバータ入力 PWM出力のゲイン i_{PWM}/i_{AD} は次のようになります。

$$\frac{i_{PWM}}{i_{AD}} = \frac{V_I}{V_{REF}} \cdot 2^{(M-N)}$$

ここで、A/D変換の分解能 $M = 8$ ビット、PWM出力の分解能 $N = 8$ ビット、入力電圧 $V_I = 70V$ 、A/Dコンバータの基準電圧 $V_{REF} = 5V$ を代入すると、A/Dコンバータ入力 PWM出力のゲインは次のように求められます。

$$\frac{i_{PWM}}{i_{AD}} = 14$$

比例定数 K_P は、このゲインの逆数より小さい値に設定する必要があり、その関係は次の式で表されます。

$$K_P < \frac{1}{\left(\frac{i_{PWM}}{i_{AD}} \right)}$$

ここでは、次のように設定します。

$$K_P = \frac{1}{16}$$

以上により、PI制御の係数 A_1 と A_2 は次のように求められます。

$$A_1 = 0.141$$

$$A_2 = 0.016$$

2.2 PFC制御

2.2.1 PFC制御の概要

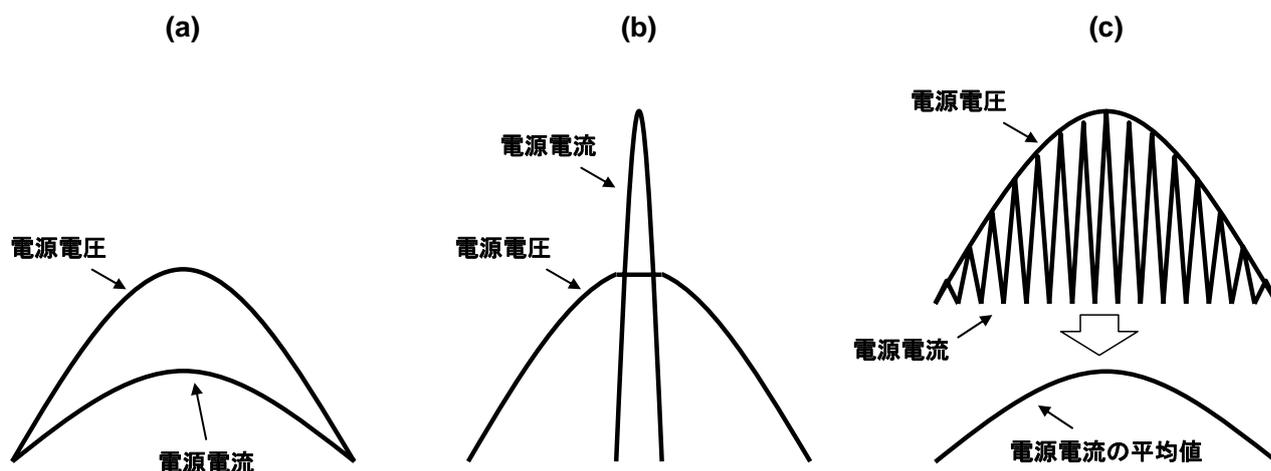
(1) PFC制御とは

図2-3(a)に交流電源における理想的な電源電圧・電流波形を示します。このとき、電圧と電流は同位相かつ正弦波形であり、力率 = 1となります。図2-3(b)はPFC制御を行っていない電源における実際の電源電圧・電流波形を示しています。このとき、電流の導通時間は短く、そのピーク電流値も大きくなります。また、これにより電圧波形の頭もつぶれています。このように力率が低い場合、次のような問題が発生します。

- ・高調波が発生し、規制に準拠できず製品を出荷できない可能性がある。
- ・ピーク電流が大きいため、電線に必要以上に太い線が必要となる。
- ・ブレーカーが落ちやすくなる。

そこで、力率を改善するため、PFC制御が必要となります。このPFC制御として、一般的なLED照明では部品点数が比較的少なく、スイッチング・ノイズが小さいといった観点から臨界導通モード (CRM: Critical Conduction Mode) が用いられており、PFC制御を用いた場合の交流電源の電源電圧・電流波形は図2-3(c)に示すようになります。このように電源電流のON/OFFを繰り返すことで電流値の分布を分散し、その平均値が電源電圧と同位相かつ正弦波形となるように制御しています。この臨界導通モードによるPFC制御は、78K0/lx2マイクロコントローラを用いて実現することが可能です。

図2-3 電源電圧・電流の波形とPFC制御



(2) 78K0/lx2によるPFC制御

78K0/lx2マイクロコントローラは、内蔵コンパレータ連動タイマ・リスタート機能とA/Dコンバータを組み合わせることで、臨界導通モードのPFC制御を行うことが可能です。したがって、マイクロコントローラとは別にPFC制御用の専用アナログICを使用する必要がありません。また、78K0/lx2マイクロコントローラはPFC制御だけでなく、LED制御すなわちPFC出力の負荷制御も行うため、事前に負荷変動を予測制御することが可能です。したがって、負荷が変動してからフィードバックをかける方法に比べて、負荷変化時の電圧変動を小さく抑えることができます。

78K0/lx2マイクロコントローラによるフライバック・コンバータ型PFC回路の構成例を図2 - 4に示します。ここで、PFC制御に必要な端子はPFC出力（TOX00端子）、ゼロ電流検出入力（CMP2+端子）、DC出力電圧監視入力（ANI0端子）の3端子です。AC電源電圧監視入力（ANI2端子）は、AC電源電圧が異なる環境で使用する場合など、AC電源電圧に応じた制御を行う場合に必要となります。

図2 - 4 78K0/lx2マイクロコントローラによるフライバック・コンバータ型PFC回路構成例

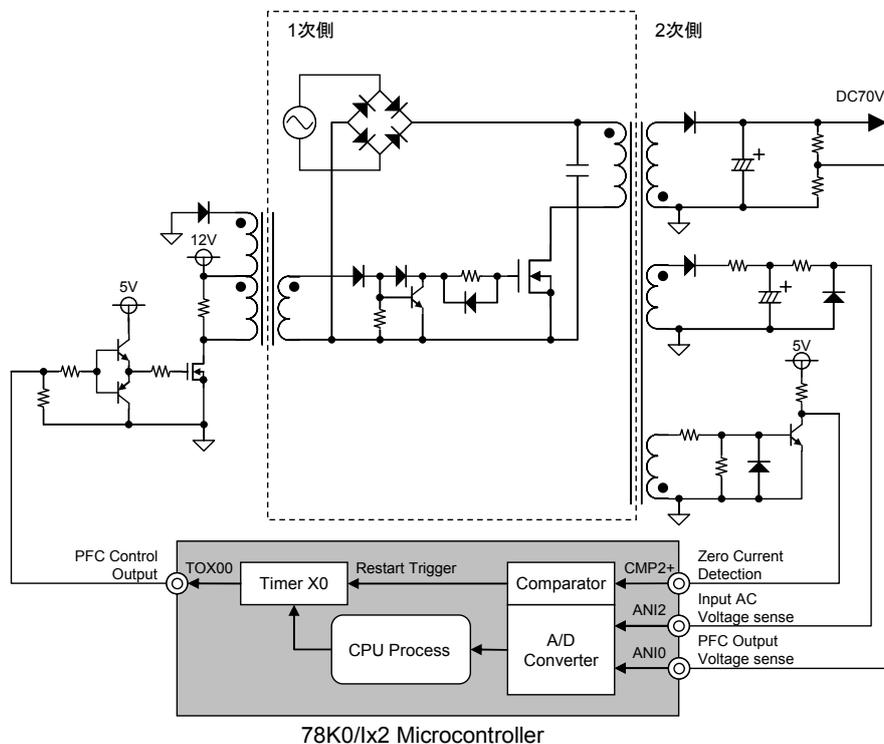
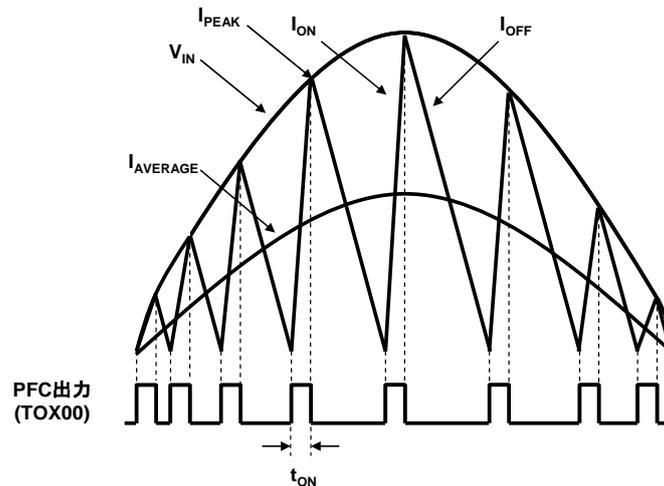


図2 - 5にこの構成でPFC制御を行った際の波形を示します。ここで、PFC出力 (TOX00出力) がONの状態において、 $I_{ON} = (V_{IN} / L) \times t_{ON}$ となります。これにより、 t_{ON} 出力の時間を一定にすることで、 I_{ON} は V_{IN} に比例するので、 I_{ON} のピーク電流 I_{PEAK} は V_{IN} の波形と同位相かつ正弦波形となります。また、電流波形が三角波であることから、平均電流 $I_{AVERAGE} = I_{PEAK} / 2$ となり、これも V_{IN} に比例します。したがって、平均電流波形が電源電圧波形と同位相かつ正弦波形となり、力率が1に近い波形を実現することができます。

図2 - 5 78K0/lx2マイクロコントローラによるPFC制御波形



次に、PFC制御に使用する78K0/lx2マイクロコントローラの周辺ハードウェアおよびその機能を示します。

- ・ 16ビット・タイマX0 … PFC出力
- ・ コンパレータ … ゼロ電流検出
- ・ A/Dコンバータ … DC出力電圧監視，AC電源電圧監視[※]

注 AC電源電圧に応じた制御を行う場合に使用

この周辺ハードウェアによるPFC制御の特徴は次のとおりです。

- ・ 16ビット・タイマX0のコンパレータ連動タイマ・リスタート機能により、ゼロ電流検出時に自動的に（ソフトウェア処理を介さずに）PFC出力をONすることが可能。
- ・ 16ビット・タイマX0のカウント・クロックに40MHzを選択でき、PFC出力のON時間を25ns単位で制御可能。また、ゼロ電流未検出時のPFC出力リスタート周期を最大約1.6msまで25ns単位で柔軟に設定可能。
- ・ 16ビット・タイマX0は、タイマ動作を停止することなくPFC出力のON時間を変更することが可能。
- ・ 最大10ビット分解能のA/DコンバータによりPFC出力電圧やAC電源電圧入力を検出可能。

2.2.2 PFC制御のソフトウェア設計

(1) PFC制御の初期設定

PFC制御を開始する前に、78K0/lx2マイクロコントローラの周辺ハードウェアを初期化する必要があります。ここでは、PFC出力用ポートと16ビット・タイマX0、コンパレータ、コンパレータの初期設定サンプル・プログラムを示します。

```

/* PFC出力用ポートの設定 */
P3.1 = 0;          /* P31の出力ラッチを0に設定 */
PU3.1 = 0;        /* P31に内部プルアップ抵抗を接続しない */
PM3.1 = 1;        /* P31を入力モードに設定注1(外付け抵抗でデフォルト出力を継続) */

/* 16ビット・タイマX0の設定 */
TXOCTL0 = 0b00000000; /* カウント・クロックを40MHzに設定注2 */
TXOCTL1 = 0b00000000; /* シングル出力(TOX00端子のみ出力)に設定 */
TXOCTL3 = 0b01100010; /* コンパレータ2出力によるリスタート時にTX0CRnを一斉書き換え、
                       コンパレータ2出力検出時にタイマをリスタート */
TX01OC0 = 0b00000101; /* TOX00出力のデフォルト状態をハイ・レベルに設定注1、
                       TOX00出力許可(P31入力モードなので出力は変わらない) */

/* コンパレータの設定 */
C2RVM = 0b00011111; /* 内部基準電圧DA2の電圧レベルを1.6Vに設定 */
CVRE = 1;          /* 内部基準電圧生成の動作許可 */
C2CTL = 0b00010000; /* 基準電圧を内部基準電圧DA2に設定、ノイズ・フィルタ未使用 */

```

注1. ここでは、P31を入力モードに設定し、TOX00出力のデフォルト状態をハイ・レベルに設定していますが、これを、TOX00出力のデフォルト状態をロウ・レベルに設定し、P31を出力モードに設定することも可能です。ただし、その場合は、以降のB)やC)にて記載のPFC制御の開始/停止時のプログラムについても変更が必要です。

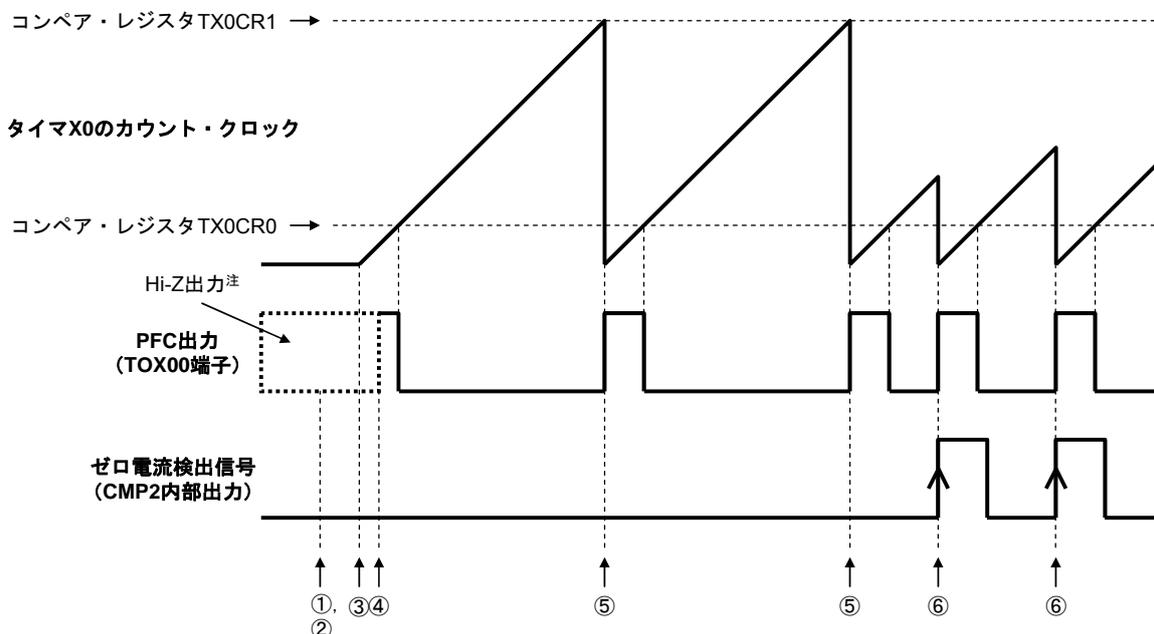
2. PLLクロック・モードを使用し、16ビット・タイマX0への供給クロックを40MHzに設定した場合。

実際の初期設定においては、これ以外にクロックの設定、その他のポートの設定、割り込みの設定などを行う必要があります。詳しくは78K0/lx2ユーザーズマニュアル ハードウェア編(R01UH0010J)をご参照ください。

(2) PFC制御の開始

PFC制御開始時の波形を図2 - 7に示します。

図2 - 7 PFC制御開始時の波形



注. 実際には外付けプルダウン抵抗によりロウ・レベル出力

動作概要は次のとおりです。

コンパレータの動作を開始する。

PFC出力のON時間と、ゼロ電流未検出時のPFC出力リスタート周期を設定する。

16ビット・タイマX0の動作を開始する。

PFC出力端子を出力モードに設定する。これによりハイ・インピーダンス出力が解除され、PFC出力が開始される。

ゼロ電流が検出されない間は、コンペア・レジスタTX0CR1で設定した周期でPFC出力がリスタートし、MOSFETを一定時間ONするという動作を繰り返す。

ゼロ電流検出後はゼロ電流検出と同時にPFC出力がリスタートし、MOSFETは一定時間ON状態となる。

このように、でPFC出力を開始した後は、ゼロ電流検出前のPFC出力リスタートや、ゼロ電流検出時のPFC出力即時ONについてはソフトウェア処理を介さずハードウェア的に実行されます。したがって、これらの動作に対して、CPU処理による遅延やCPU負荷は発生しません。

～ のサンプル・プログラムを次に示します。

```

/* コンパレータの設定 */
CMP2EN = 1;          /* コンパレータ2の動作許可 */
C20E   = 1;          /* コンパレータ2の内部出力を許可 */

/* 16ビット・タイマX0の設定 */
TX0CRO = 32 - 1;     /* PFC制御開始時のON時間を設定(この例では0.8us) */
TX0CR1 = PFC_CYCLE_RESTART; /* ゼロ電流未検出時のPFC出力リスタート周期を設定(例:250us) */
TX0TMC = 1;          /* タイマ・カウント動作許可 */
PM3.1  = 0;          /* PFC出力ポートを出力モードに設定 */

```

備考 サンプル・プログラム中の“PFC_CYCLE_RESTART”は、実際には“9999”に定義しています。したがって、タイマX0のカウント・クロックを40MHzに設定しているので、 $(9999 + 1) \div 40[\text{MHz}] = 250[\mu\text{s}]$ がPFC出力リスタート周期となります。

(3) PFC制御の停止

PFC制御を停止する場合は、次の手順で設定してください。

PFC出力端子を入力モードに設定する。これによりPFC出力がハイ・インピーダンスとなり、外部ブルダウン抵抗によりMOSFETはOFF状態となる。

16ビット・タイマX0の動作を停止する。

コンパレータの動作を停止する。

～ のサンプル・プログラムを次に示します。

```

/* 16ビット・タイマX0の設定 */
P3.1   = 1;          /* PFC出力ポートを入力モードに設定 */
TX0TMC = 0;          /* タイマ・カウント動作禁止 */

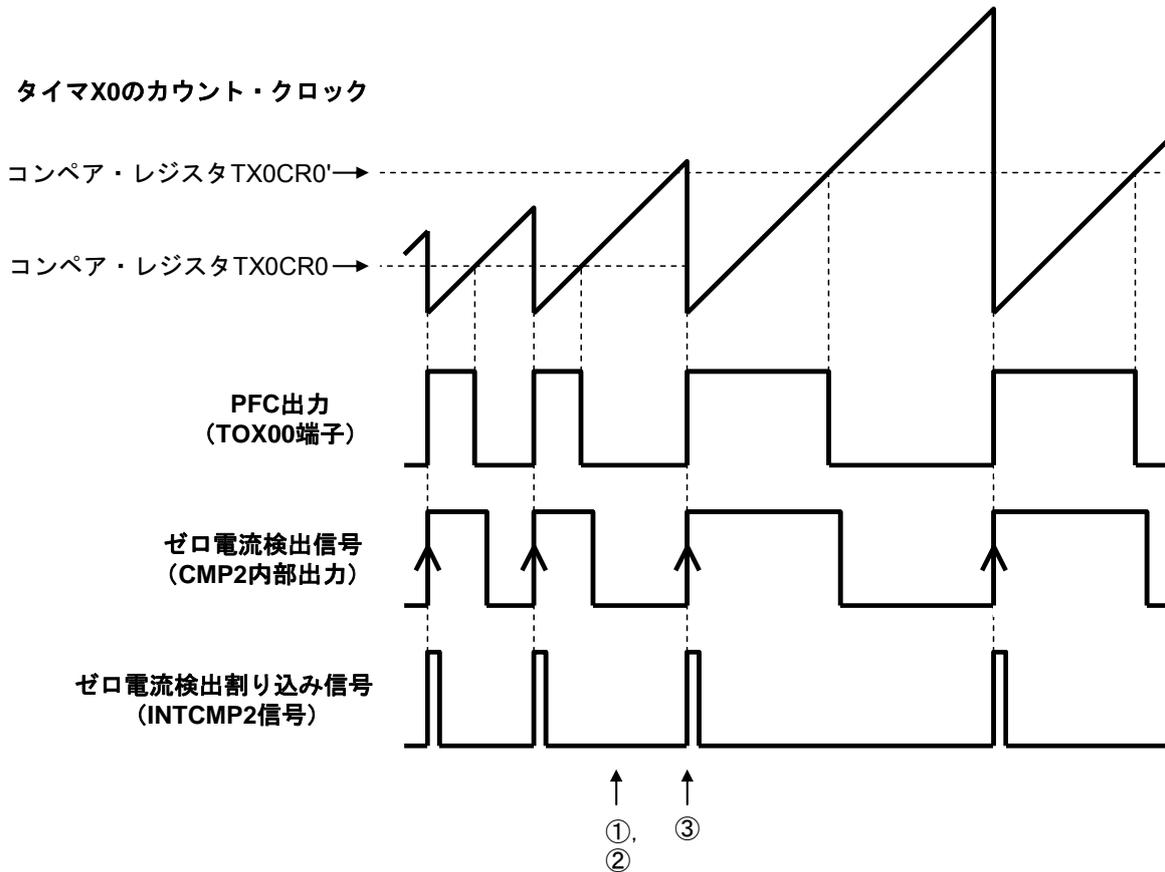
/* コンパレータの設定 */
C20E   = 0;          /* コンパレータ2の内部出力を禁止 */
CMP2EN = 0;          /* コンパレータ2の動作禁止 */

```

(4) 負荷が変化する場合のPFC制御（予見制御）

LEDの調光/点灯/消灯時など、負荷が変化する場合のPFC制御波形を図2-8に示します。ここで、LED照明は78K0/lx2マイクロコントローラにより制御するので、負荷が変化する場合のタイミングやどの程度負荷が変化するかを予測することが可能です。したがって、調光により大きく負荷が変化する場合においても、同時にその調光に合わせたPFC出力を行うこと、すなわち予見制御が可能であり、DC出力電圧の揺れを抑えることができます。

図2-8 負荷が変化する場合のPFC制御波形



動作概要は次のとおりです。

PFC出力のON時間（図2-8のTX0CR0）を負荷に応じた値（図2-8のTX0CR0'）に増減させる。
 の更新を実際の出力に反映するため、PFC出力リスタート周期（TX0CR1）の値を同値書き込みする。
 次のゼロ電流検出割り込み発生時にPFC出力のON時間が更新される。

～ のサンプル・プログラム例を次に示します。

< 次の処理を負荷が変化する場合のタイミング付近で実行 >

```
TX0CR0 += shDpfcLed1;          /* PFC出力のON時間を負荷変化量に応じて増減させる */
TX0CR1 = PFC_CYCLE_RESTART;   /* PFC出力リスタート周期を同値書き込み */
```

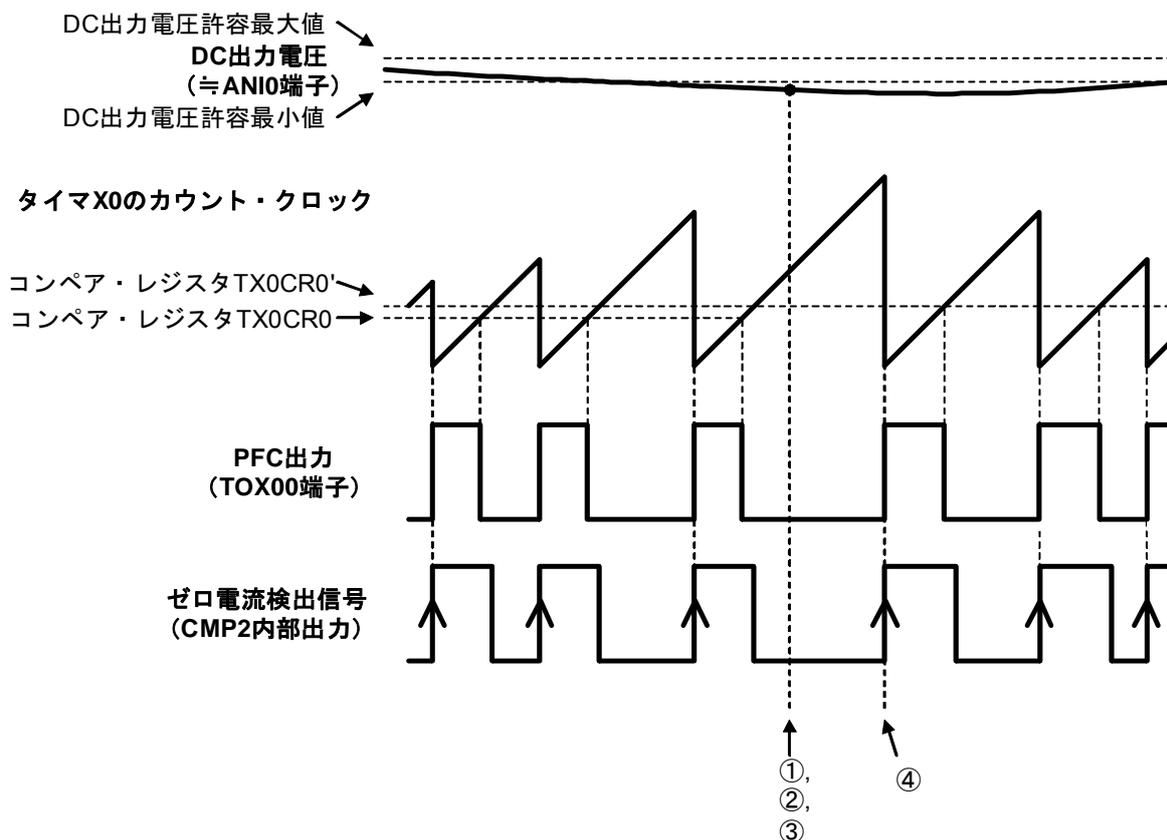
(5) DC出力電圧のフィードバック

DC出力電圧が常に一定値となるように、DC出力電圧をA/Dコンバータで監視し、PFC出力のON時間にフィードバック制御する必要があります。ここで、負荷が大きく変化するのは基本的にLED負荷を意図的に調光/点灯/消灯した場合に限られるので、この際のDC出力電圧の変化は前述D)のとおり予見制御により抑えることが可能です。したがって、フィードバック制御はLEDが一定の明るさで点灯している状態、すなわちLED負荷がほぼ一定の状態に対して行うことになり、ここでは簡易的なフィードバック制御を行います。

DC出力電圧が許容最大値よりも高い場合は、PFC出力のON時間を短くすることで、DC出力電圧が下がるようにします。反対にDC出力電圧が許容最小値よりも低い場合は、PFC出力のON時間を長くすることで、DC出力電圧が上がるようにします。DC出力電圧が許容最小値～許容最大値の範囲内にある場合は、PFC出力のON時間は変更しません。フィードバック周期はAC電源周波数の半周期(約9~10ms)程度に設定し、この周期間のDC出力電圧の平均値を算出してPFC出力のON時間に反映します。

図2-9にDC出力電圧が許容最小値よりも低くなった場合のフィードバック制御例を示します。

図2-9 DC出力電圧のフィードバック制御例



動作概要は次のとおりです。

DC出力電圧の平均値を算出する

フィードバック判定処理：

「DC出力電圧が許容最大値より大きい」かつ「DC出力電圧が上昇中」かつ「PFC出力のON時間が許容最小値より大きい」であれば、ソフトウェアにてPFC出力のON時間(TX0CR0)を-25nsする。

「DC出力電圧が許容最小値より小さい」かつ「DC出力電圧が降下中」かつ「PFC出力のON時間が許

容最大値より小さい」であれば、ソフトウェアにてPFC出力のON時間 (TXOCR0) を+25nsする。
の更新を実際の出力に反映するため、PFC出力リスタート周期 (TXOCR1) の値を同値書き込みする。
次のゼロ電流検出割り込み発生時にPFC出力のON時間が更新される。

~ のサンプル・プログラムを次に示します。

< 次の処理を負荷が変化するタイミング付近で実行 >

```
ushADtemp = (unsigned short)(ushAdSumVout / ucAdCntVout); /* DC出力電圧の平均値を算出 */
if (ushADtemp > AD_VPFCO_MAX /* フィードバック判定処理 */
    && ushADtemp >= ushAdOldVout
    && TXOCR0 > 0)
{
    TXOCR0 -= 1; /* PFC出力のON時間を-25ns */
    TXOCR1 = PFC_CYCLE_RESTART; /* PFC出力リスタート周期を同値書き込み */
}
else if (ushADtemp < AD_VPFCO_MIN /* フィードバック判定処理 */
        && ushADtemp <= ushAdOldVout
        && TXOCR0 < PFC_ON_MAX)
{
    TXOCR0 += 1; /* PFC出力のON時間を+25ns */
    TXOCR1 = PFC_CYCLE_RESTART; /* PFC出力リスタート周期を同値書き込み */
}
```

付録A EZ-0011外観

図A - 1 EZ-0011の本体右側面部（電源，通信側）



図A - 2 EZ-0011の本体正面部（スイッチ入力，MINICUBE2接続，LED接続側）

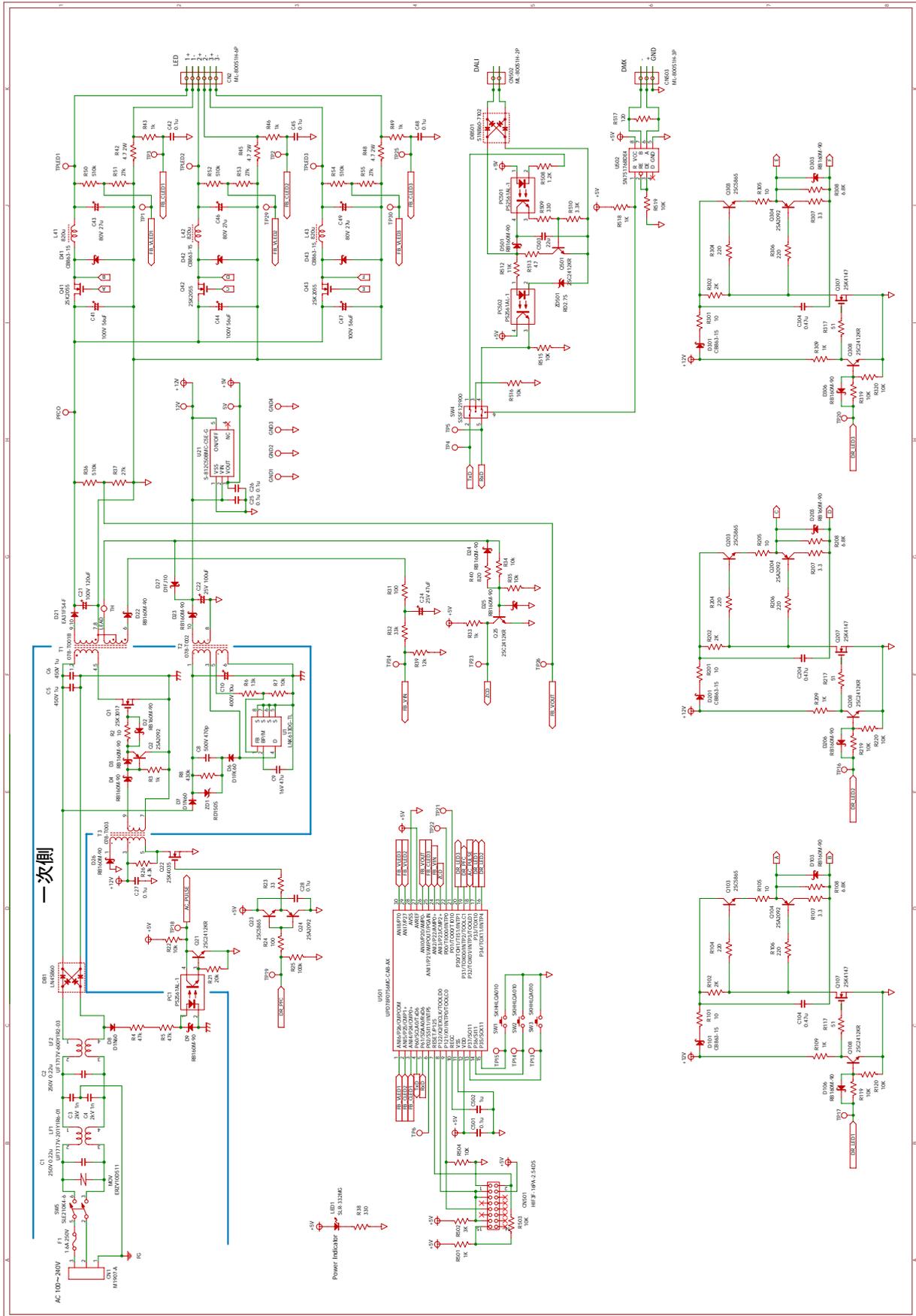


図A - 3 EZ-0011の本体内部（基板部品実装面）



付録B EZ-0011回路図

図B - 1 EZ-PFCLED-002回路



付録C EZ-0011部品表

表C - 1 EZ-0011部品表 (1/3)

| 部品 | 部品番号 | 品名 | 定格 | メーカ | 型番または図版 | 備考 |
|-----|------|-----------------|---------------|------------|--------------------|--------|
| C | 1 | フィルム・コンデンサ | AC250V 0.22uF | Panasonic | ECQU2A224ML | DIP |
| C | 2 | フィルム・コンデンサ | AC250V 0.22uF | Panasonic | ECQU2A224ML | DIP |
| C | 3 | セラミック・コンデンサ | 2kV 1nF | 村田製作所 | DEHR33D102KB3B | DIP |
| C | 4 | セラミック・コンデンサ | 2kV 1nF | 村田製作所 | DEHR33D102KB3B | DIP |
| C | 5 | フィルム・コンデンサ | 450V 1uF | 日通工 | MDX22W105K | DIP |
| C | 6 | フィルム・コンデンサ | 450V 1uF | 日通工 | MDX22W105K | DIP |
| C | 8 | セラミック・コンデンサ | 500V 470pF | 村田製作所 | DEHC32H471KA2B | DIP |
| C | 9 | 積層セラミック・コンデンサ | 16V 47uF | 村田製作所 | GRM32EB31C476ME15 | 3225 |
| C | 10 | 電解コンデンサ | 400V 10uF | 日本ケミコン | EKXJ401ELL100MJ16S | DIP |
| C | 21 | 電解コンデンサ | 100V 120uF | 日本ケミコン | ELXV101ELL121MK25S | DIP |
| C | 22 | 電解コンデンサ | 25V 100uF | 日本ケミコン | ELXZ250ELL101MFB5D | DIP |
| C | 24 | 電解コンデンサ | 25V 47uF | 日本ケミコン | ELXZ250ELL470MEB5D | DIP |
| C | 25 | 積層セラミック・コンデンサ | 50V 0.1uF | 村田製作所 | GRM188B31H104KA92 | 1608 |
| C | 26 | 積層セラミック・コンデンサ | 50V 0.1uF | 村田製作所 | GRM188B31H104KA92 | 1608 |
| C | 27 | 積層セラミック・コンデンサ | 50V 0.1uF | 村田製作所 | GRM188B31H104KA92 | 1608 |
| C | 28 | 積層セラミック・コンデンサ | 50V 0.1uF | 村田製作所 | GRM188B31H104KA92 | 1608 |
| C | 41 | 電解コンデンサ | 100V 56uF | 日本ケミコン | ELXV101ELL560MJ20S | DIP |
| C | 42 | 積層セラミック・コンデンサ | 50V 0.1uF | 村田製作所 | GRM188B31H104KA92 | 1608 |
| C | 43 | 電解コンデンサ | 80V 27uF | 日本ケミコン | ELXV800ELL270MF15D | DIP |
| C | 44 | 電解コンデンサ | 100V 56uF | 日本ケミコン | ELXV101ELL560MJ20S | DIP |
| C | 45 | 積層セラミック・コンデンサ | 50V 0.1uF | 村田製作所 | GRM188B31H104KA92 | 1608 |
| C | 46 | 電解コンデンサ | 80V 27uF | 日本ケミコン | ELXV800ELL270MF15D | DIP |
| C | 47 | 電解コンデンサ | 100V 56uF | 日本ケミコン | ELXV101ELL560MJ20S | DIP |
| C | 48 | 積層セラミック・コンデンサ | 50V 0.1uF | 村田製作所 | GRM188B31H104KA92 | 1608 |
| C | 49 | 電解コンデンサ | 80V 27uF | 日本ケミコン | ELXV800ELL270MF15D | DIP |
| C | 104 | 積層セラミック・コンデンサ | 50V 0.47uF | 村田製作所 | GRM31MR71H474KA01 | 3216 |
| C | 204 | 積層セラミック・コンデンサ | 50V 0.47uF | 村田製作所 | GRM31MR71H474KA01 | 3216 |
| C | 304 | 積層セラミック・コンデンサ | 50V 0.47uF | 村田製作所 | GRM31MR71H474KA01 | 3216 |
| C | 501 | 積層セラミック・コンデンサ | 50V 0.1uF | 村田製作所 | GRM188B31H104KA92 | 1608 |
| C | 502 | 積層セラミック・コンデンサ | 16V 1uF | 村田製作所 | GRM188B31C105KA92 | 3216 |
| C | 503 | 積層セラミック・コンデンサ | 25V 22uF | 村田製作所 | GRM32EC81E226ME15 | 3225 |
| CN | 1 | ACインレット3端子コネクタ | 3極 | EMUDEN | M1907-A | DIP |
| CN | 2 | コネクタ | 6極 | サトーパーツ | ML-800-S1H-6P | DIP |
| CN | 501 | ストレート型ピンヘッダ | 16極 | ヒロセ電機 | HIF3F-16PA-2.54DS | DIP |
| CN | 502 | スクリューレス端子台 | 2極 | サトーパーツ | ML-800-S1H-2P | DIP |
| CN | 503 | スクリューレス端子台 | 3極 | サトーパーツ | ML-800-S1H-3P | DIP |
| D | 2 | ショットキーバリアダイオード | 90V 1A | ローム | RB160M-90 | SMD |
| D | 3 | ショットキーバリアダイオード | 90V 1A | ローム | RB160M-90 | SMD |
| D | 4 | ショットキーバリアダイオード | 90V 1A | ローム | RB160M-90 | SMD |
| D | 6 | ファーストリカバリアダイオード | 600V 0.8A | 新電元工業 | D1FK60 | SMD |
| D | 7 | 整流ダイオード | 600V 1A | 新電元工業 | D1N60 | DIP |
| D | 8 | 整流ダイオード | 600V 1A | 新電元工業 | D1N60 | DIP |
| D | 9 | ショットキーバリアダイオード | 90V 1A | ローム | RB160M-90 | SMD |
| D | 21 | ファーストリカバリアダイオード | 400V 3A | 日本インター | EA31FS4-F | TO-252 |
| D | 22 | ショットキーバリアダイオード | 90V 1A | ローム | RB160M-90 | SMD |
| D | 23 | ショットキーバリアダイオード | 90V 1A | ローム | RB160M-90 | SMD |
| D | 24 | ショットキーバリアダイオード | 90V 1A | ローム | RB160M-90 | SMD |
| D | 25 | ショットキーバリアダイオード | 90V 1A | ローム | RB160M-90 | SMD |
| D | 26 | ショットキーバリアダイオード | 90V 1A | ローム | RB160M-90 | SMD |
| D | 27 | ショットキーバリアダイオード | 100V 1.0A | 新電元工業 | D1FJ10 | SMD |
| D | 41 | ショットキーバリアダイオード | 150V 2A | 富士電機 | CB863-15 | SMD |
| D | 42 | ショットキーバリアダイオード | 150V 2A | 富士電機 | CB863-15 | SMD |
| D | 43 | ショットキーバリアダイオード | 150V 2A | 富士電機 | CB863-15 | SMD |
| D | 101 | ショットキーバリアダイオード | 150V 2A | 富士電機 | CB863-15 | SMD |
| D | 103 | ショットキーバリアダイオード | 90V 1A | ローム | RB160M-90 | SMD |
| D | 106 | ショットキーバリアダイオード | 90V 1A | ローム | RB160M-90 | SMD |
| D | 201 | ショットキーバリアダイオード | 150V 2A | 富士電機 | CB863-15 | SMD |
| D | 203 | ショットキーバリアダイオード | 90V 1A | ローム | RB160M-90 | SMD |
| D | 206 | ショットキーバリアダイオード | 90V 1A | ローム | RB160M-90 | SMD |
| D | 301 | ショットキーバリアダイオード | 150V 2A | 富士電機 | CB863-15 | SMD |
| D | 303 | ショットキーバリアダイオード | 90V 1A | ローム | RB160M-90 | SMD |
| D | 306 | ショットキーバリアダイオード | 90V 1A | ローム | RB160M-90 | SMD |
| D | 501 | ショットキーバリアダイオード | 90V 1A | ローム | RB160M-90 | SMD |
| DB | 1 | 整流スタック | 600V 4A | 新電元工業 | LN4SB60 | DIP |
| | | ヒートシンク | | 水谷電機工業 | PUE26-25 | |
| DB | 501 | 整流スタック | 600V 1A | 新電元工業 | S1NB60-7102 | SMD |
| F | 1 | ヒューズホルダ | 250V | BULGIN | FX0321 | DIP |
| | | ヒューズホルダカバー | | BULGIN | 12760 | |
| | | ヒューズ | 1.6A 250V | Littlefuse | 021701.6HXP | |
| L | 41 | コイル | 820uH 0.75A | スミダ | CDRH127/LDNP-821M | DIP |
| L | 42 | コイル | 820uH 0.75A | スミダ | CDRH127/LDNP-821M | DIP |
| L | 43 | コイル | 820uH 0.75A | スミダ | CDRH127/LDNP-821M | DIP |
| LED | 1 | LED | | ローム | SLR-332MG | DIP |
| LF | 1 | コモン・モード・チョーク | 0.2mH 1.6A | TDK | UF1717V-201Y1R6-01 | DIP |
| LF | 2 | コモン・モード・チョーク | 30uH 1.2A | TDK | UF1717V-300Y1R2-03 | DIP |

表C - 1 EZ-0011部品表 (2/3)

| 部品 | 部品番号 | 品名 | 定格 | メーカ | 型番または図版 | 備考 |
|-----|------|------------|--------------|--------------|-----------------------|------------|
| MOV | | アブゾーバ | | パナソニック | ERZV10D511 | DIP |
| PC | 1 | フォトカプラ | | ルネサスエレクトロニクス | PS2561AL-1 | SMD |
| PC | 501 | フォトカプラ | | ルネサスエレクトロニクス | PS2561AL-1 | SMD |
| PC | 502 | フォトカプラ | | ルネサスエレクトロニクス | PS2561AL-1 | SMD |
| Q | 1 | パワー-MOSFET | 900V 8.5A | 東芝 | 2SK3017 | TO-3P(N)IS |
| | | ヒートシンク | | 水谷電機工業 | PUE26-25 | |
| Q | 2 | トランジスタ | 60V 1A | ローム | 2SA2092 | SMD |
| Q | 21 | トランジスタ | 60V 0.15A | ローム | 2SC2412KR | SMD |
| Q | 22 | パワー-MOSFET | 250V 0.5A | ルネサスエレクトロニクス | 2SK4035 | SMD |
| Q | 23 | トランジスタ | 60V 1A | ローム | 2SC5865 | SMD |
| Q | 24 | トランジスタ | 60V 1A | ローム | 2SA2092 | SMD |
| Q | 25 | トランジスタ | 60V 0.15A | ローム | 2SC2412KR | SMD |
| Q | 41 | パワー-MOSFET | 100V 2A | ルネサスエレクトロニクス | 2SK2055 | SC-84 |
| Q | 42 | パワー-MOSFET | 100V 2A | ルネサスエレクトロニクス | 2SK2055 | SC-84 |
| Q | 43 | パワー-MOSFET | 100V 2A | ルネサスエレクトロニクス | 2SK2055 | SC-84 |
| Q | 103 | トランジスタ | 60V 1A | ローム | 2SC5865 | SMD |
| Q | 104 | トランジスタ | 60V 1A | ローム | 2SA2092 | SMD |
| Q | 107 | パワー-MOSFET | 250V 0.5A | ルネサスエレクトロニクス | 2SK4147 | SMD |
| Q | 108 | トランジスタ | 60V 0.15A | ローム | 2SC2412KR | SMD |
| Q | 203 | トランジスタ | 60V 1A | ローム | 2SC5865 | SMD |
| Q | 204 | トランジスタ | 60V 1A | ローム | 2SA2092 | SMD |
| Q | 207 | パワー-MOSFET | 250V 0.5A | ルネサスエレクトロニクス | 2SK4147 | SMD |
| Q | 208 | トランジスタ | 60V 0.15A | ローム | 2SC2412KR | SMD |
| Q | 303 | トランジスタ | 60V 1A | ローム | 2SC5865 | SMD |
| Q | 304 | トランジスタ | 60V 1A | ローム | 2SA2092 | SMD |
| Q | 307 | パワー-MOSFET | 250V 0.5A | ルネサスエレクトロニクス | 2SK4147 | SMD |
| Q | 308 | トランジスタ | 60V 0.15A | ローム | 2SC2412KR | SMD |
| Q | 501 | トランジスタ | 60V 0.15A | ローム | 2SC2412KR | SMD |
| R | 2 | チップ型抵抗 | 0.125W 10Ω | KOA | RK73H2ATTD10R0F (KOA) | 2012 |
| R | 3 | チップ型抵抗 | 0.125W 1kΩ | KOA | RK73H2ATTD1001F (KOA) | 2012 |
| R | 4 | チップ型抵抗 | 0.25W 47kΩ | KOA | RK73H2BTDD4702F (KOA) | 3216 |
| R | 5 | チップ型抵抗 | 0.25W 47kΩ | KOA | RK73H2BTDD4702F (KOA) | 3216 |
| R | 6 | チップ型抵抗 | 0.125W 13kΩ | KOA | RK73H2ATTD1302F (KOA) | 2012 |
| R | 7 | チップ型抵抗 | 0.125W 10kΩ | KOA | RK73H2ATTD1002F (KOA) | 2012 |
| R | 8 | チップ型抵抗 | 0.25W 430kΩ | KOA | RK73H2BTDD4303F (KOA) | 3216 |
| R | 21 | チップ型抵抗 | 0.125W 20kΩ | KOA | RK73H2ATTD2002F (KOA) | 2012 |
| R | 22 | チップ型抵抗 | 0.125W 10kΩ | KOA | RK73H2ATTD1002F (KOA) | 2012 |
| R | 23 | チップ型抵抗 | 0.125W 33Ω | KOA | RK73H2ATTD33R0F (KOA) | 2012 |
| R | 24 | チップ型抵抗 | 0.125W 100Ω | KOA | RK73H2ATTD1000F (KOA) | 2012 |
| R | 25 | チップ型抵抗 | 0.125W 100kΩ | KOA | RK73H2ATTD1003F (KOA) | 2012 |
| R | 26 | チップ型抵抗 | 0.125W 4.3kΩ | KOA | RK73H2ATTD4301F (KOA) | 2012 |
| R | 31 | チップ型抵抗 | 0.125W 100Ω | KOA | RK73H2ATTD1000F (KOA) | 2012 |
| R | 32 | チップ型抵抗 | 0.125W 33kΩ | KOA | RK73H2ATTD3302F (KOA) | 2012 |
| R | 33 | チップ型抵抗 | 0.125W 1kΩ | KOA | RK73H2ATTD1001F (KOA) | 2012 |
| R | 34 | チップ型抵抗 | 0.125W 10kΩ | KOA | RK73H2ATTD1002F (KOA) | 2012 |
| R | 35 | チップ型抵抗 | 0.125W 10kΩ | KOA | RK73H2ATTD1002F (KOA) | 2012 |
| R | 36 | チップ型抵抗 | 0.125W 510kΩ | KOA | RK73H2ATTD5103F (KOA) | 2012 |
| R | 37 | チップ型抵抗 | 0.125W 27kΩ | KOA | RK73H2ATTD2702F (KOA) | 2012 |
| R | 38 | チップ型抵抗 | 0.125W 330Ω | KOA | RK73H2ATTD3300F (KOA) | 2012 |
| R | 39 | チップ型抵抗 | 0.125W 12kΩ | KOA | RK73H2ATTD1202F (KOA) | 2012 |
| R | 40 | チップ型抵抗 | 0.125W 820Ω | KOA | RK73H2ATTD8200F (KOA) | 2012 |
| R | 42 | 酸化金属皮膜抵抗 | 2W 4.7Ω | KOA | SL2TBK4R7J | DIP |
| R | 43 | チップ型抵抗 | 0.125W 1kΩ | KOA | RK73H2ATTD1001F (KOA) | 2012 |
| R | 45 | 酸化金属皮膜抵抗 | 2W 4.7Ω | KOA | SL2TBK4R7J | DIP |
| R | 46 | チップ型抵抗 | 0.125W 1kΩ | KOA | RK73H2ATTD1001F (KOA) | 2012 |
| R | 48 | 酸化金属皮膜抵抗 | 2W 4.7Ω | KOA | SL2TBK4R7J | DIP |
| R | 49 | チップ型抵抗 | 0.125W 1kΩ | KOA | RK73H2ATTD1001F (KOA) | 2012 |
| R | 50 | チップ型抵抗 | 0.125W 510kΩ | KOA | RK73H2ATTD5103F (KOA) | 2012 |
| R | 51 | チップ型抵抗 | 0.125W 27kΩ | KOA | RK73H2ATTD2702F (KOA) | 2012 |
| R | 52 | チップ型抵抗 | 0.125W 510kΩ | KOA | RK73H2ATTD5103F (KOA) | 2012 |
| R | 53 | チップ型抵抗 | 0.125W 27kΩ | KOA | RK73H2ATTD2702F (KOA) | 2012 |
| R | 54 | チップ型抵抗 | 0.125W 510kΩ | KOA | RK73H2ATTD5103F (KOA) | 2012 |
| R | 55 | チップ型抵抗 | 0.125W 27kΩ | KOA | RK73H2ATTD2702F (KOA) | 2012 |
| R | 101 | チップ型抵抗 | 0.125W 10Ω | KOA | RK73H2ATTD10R0F (KOA) | 2012 |
| R | 102 | チップ型抵抗 | 0.125 2kΩ | KOA | RK73H2ATTD2001F (KOA) | 2012 |
| R | 104 | チップ型抵抗 | 0.125W 220Ω | KOA | RK73H2ATTD2200F (KOA) | 2012 |
| R | 105 | チップ型抵抗 | 0.125W 10Ω | KOA | RK73H2ATTD10R0F (KOA) | 2012 |
| R | 106 | チップ型抵抗 | 0.125W 220Ω | KOA | RK73H2ATTD2200F (KOA) | 2012 |
| R | 107 | チップ型抵抗 | 0.125W 3.3Ω | KOA | RK73B2ATTD3R3J | 2012 |
| R | 108 | チップ型抵抗 | 0.125W 6.8kΩ | KOA | RK73H2ATTD6801F (KOA) | 2012 |
| R | 109 | チップ型抵抗 | 0.125W 1kΩ | KOA | RK73H2ATTD1001F (KOA) | 2012 |
| R | 117 | チップ型抵抗 | 0.125W 51Ω | KOA | RK73H2ATTD51R0F (KOA) | 2012 |
| R | 119 | チップ型抵抗 | 0.125W 10kΩ | KOA | RK73H2ATTD1002F (KOA) | 2012 |
| R | 120 | チップ型抵抗 | 0.125W 10kΩ | KOA | RK73H2ATTD1002F (KOA) | 2012 |
| R | 201 | チップ型抵抗 | 0.125W 10Ω | KOA | RK73H2ATTD10R0F (KOA) | 2012 |
| R | 202 | チップ型抵抗 | 0.125 2kΩ | KOA | RK73H2ATTD2001F (KOA) | 2012 |
| R | 204 | チップ型抵抗 | 0.125W 220Ω | KOA | RK73H2ATTD2200F (KOA) | 2012 |
| R | 205 | チップ型抵抗 | 0.125W 10Ω | KOA | RK73H2ATTD10R0F (KOA) | 2012 |

表C - 1 EZ-0011部品表 (3/3)

| 部品 | 部品番号 | 品名 | 定格 | メーカ | 型番または図版 | 備考 |
|-------|------|------------|--------------|---------------|-----------------------|------|
| R | 206 | チップ型抵抗 | 0.125W 220Ω | KOA | RK73H2ATTD2200F (KOA) | 2012 |
| R | 207 | チップ型抵抗 | 0.125W 3.3Ω | KOA | RK73B2ATTD3R3J | 2012 |
| R | 208 | チップ型抵抗 | 0.125W 6.8kΩ | KOA | RK73H2ATTD6801F (KOA) | 2012 |
| R | 209 | チップ型抵抗 | 0.125W 1kΩ | KOA | RK73H2ATTD1001F (KOA) | 2012 |
| R | 217 | チップ型抵抗 | 0.125W 51Ω | KOA | RK73H2ATTD51R0F (KOA) | 2012 |
| R | 219 | チップ型抵抗 | 0.125W 10kΩ | KOA | RK73H2ATTD1002F (KOA) | 2012 |
| R | 220 | チップ型抵抗 | 0.125W 10kΩ | KOA | RK73H2ATTD1002F (KOA) | 2012 |
| R | 301 | チップ型抵抗 | 0.125W 10Ω | KOA | RK73H2ATTD10R0F (KOA) | 2012 |
| R | 302 | チップ型抵抗 | 0.125 2kΩ | KOA | RK73H2ATTD2001F (KOA) | 2012 |
| R | 304 | チップ型抵抗 | 0.125W 220Ω | KOA | RK73H2ATTD2200F (KOA) | 2012 |
| R | 305 | チップ型抵抗 | 0.125W 10Ω | KOA | RK73H2ATTD10R0F (KOA) | 2012 |
| R | 306 | チップ型抵抗 | 0.125W 220Ω | KOA | RK73H2ATTD2200F (KOA) | 2012 |
| R | 307 | チップ型抵抗 | 0.125W 3.3Ω | KOA | RK73B2ATTD3R3J | 2012 |
| R | 308 | チップ型抵抗 | 0.125W 6.8kΩ | KOA | RK73H2ATTD6801F (KOA) | 2012 |
| R | 309 | チップ型抵抗 | 0.125W 1kΩ | KOA | RK73H2ATTD1001F (KOA) | 2012 |
| R | 317 | チップ型抵抗 | 0.125W 51Ω | KOA | RK73H2ATTD51R0F (KOA) | 2012 |
| R | 319 | チップ型抵抗 | 0.125W 10kΩ | KOA | RK73H2ATTD1002F (KOA) | 2012 |
| R | 320 | チップ型抵抗 | 0.125W 10kΩ | KOA | RK73H2ATTD1002F (KOA) | 2012 |
| R | 501 | チップ型抵抗 | 0.125W 1kΩ | KOA | RK73H2ATTD1001F (KOA) | 2012 |
| R | 502 | チップ型抵抗 | 0.125W 3kΩ | KOA | RK73H2ATTD3001F (KOA) | 2012 |
| R | 503 | チップ型抵抗 | 0.125W 10kΩ | KOA | RK73H2ATTD1002F (KOA) | 2012 |
| R | 504 | チップ型抵抗 | 0.125W 10kΩ | KOA | RK73H2ATTD1002F (KOA) | 2012 |
| R | 508 | チップ型抵抗 | 0.125W 1.2kΩ | KOA | RK73H2ATTD1201F (KOA) | 2012 |
| R | 509 | チップ型抵抗 | 0.125W 330Ω | KOA | RK73H2ATTD3300F (KOA) | 2012 |
| R | 510 | チップ型抵抗 | 0.125W 3.3kΩ | KOA | RK73H2ATTD3301F (KOA) | 2012 |
| R | 512 | チップ型抵抗 | 0.125W 11kΩ | KOA | RK73H2ATTD1102F (KOA) | 2012 |
| R | 513 | チップ型抵抗 | 0.125W 4.7Ω | KOA | RK3B2ATTD4R7G | 2012 |
| R | 515 | チップ型抵抗 | 0.125W 10kΩ | KOA | RK73H2ATTD1002F (KOA) | 2012 |
| R | 516 | チップ型抵抗 | 0.125W 10kΩ | KOA | RK73H2ATTD1002F (KOA) | 2012 |
| R | 517 | チップ型抵抗 | 0.125W 120Ω | KOA | RK73H2ATTD1200F (KOA) | 2012 |
| R | 518 | チップ型抵抗 | 0.125W 1kΩ | KOA | RK73H2ATTD1001F (KOA) | 2012 |
| R | 519 | チップ型抵抗 | 0.125W 10kΩ | KOA | RK73H2ATTD1002F (KOA) | 2012 |
| SW | 1 | プッシュ型スイッチ | | アルプス電気 | SKHHLQA010 | DIP |
| SW | 2 | プッシュ型スイッチ | | アルプス電気 | SKHHLQA010 | DIP |
| SW | 3 | プッシュ型スイッチ | | アルプス電気 | SKHHLQA010 | DIP |
| SW | 4 | スライド・スイッチ | | アルプス電気 | SSSF121900 | DIP |
| SW | 5 | ロツカー・スイッチ | | フジツク | SLE210K4-6 | DIP |
| T | 1 | トランス | | ポニー電機 | 078-T001B | DIP |
| T | 2 | トランス | | ポニー電機 | 078-T002 | DIP |
| T | 3 | トランス | | ポニー電機 | 078-T003 | DIP |
| U | 1 | 電源IC | | パワーインテグレーション | LNK613DG-TL | SMD |
| U | 21 | 電源IC | | セイコーインスツルメンツ | S-812C50BMC-C5E-G | SMD |
| U | 501 | CPU | | ルネサスエレクトロニクス | UPD78F0756MC-CAB-AX | SMD |
| U | 502 | インターフェイスIC | | テキサス・インスツルメンツ | SN75176BDE4 | SMD |
| ZD | 1 | ツェナーダイオード | | ルネサスエレクトロニクス | RD150S | SMD |
| ZD | 501 | ツェナーダイオード | | ルネサスエレクトロニクス | RD2.7S | SMD |
| TP | 1 | テスト・タップ | | マック・エイト | LC-2-G-空 | DIP |
| TP | 2 | テスト・タップ | | マック・エイト | LC-2-G-空 | DIP |
| TP | 3 | テスト・タップ | | マック・エイト | LC-2-G-空 | DIP |
| TP | 4 | テスト・タップ | | マック・エイト | LC-2-G-空 | DIP |
| TP | 5 | テスト・タップ | | マック・エイト | LC-2-G-空 | DIP |
| TP | 6 | テスト・タップ | | マック・エイト | LC-2-G-空 | DIP |
| TP | 13 | テスト・タップ | | マック・エイト | LC-2-G-空 | DIP |
| TP | 14 | テスト・タップ | | マック・エイト | LC-2-G-空 | DIP |
| TP | 15 | テスト・タップ | | マック・エイト | LC-2-G-空 | DIP |
| TP | 16 | テスト・タップ | | マック・エイト | LC-2-G-空 | DIP |
| TP | 17 | テスト・タップ | | マック・エイト | LC-2-G-空 | DIP |
| TP | 18 | テスト・タップ | | マック・エイト | LC-2-G-空 | DIP |
| TP | 19 | テスト・タップ | | マック・エイト | LC-2-G-空 | DIP |
| TP | 20 | テスト・タップ | | マック・エイト | LC-2-G-空 | DIP |
| TP | 21 | テスト・タップ | | マック・エイト | LC-2-G-空 | DIP |
| TP | 22 | テスト・タップ | | マック・エイト | LC-2-G-空 | DIP |
| TP | 23 | テスト・タップ | | マック・エイト | LC-2-G-空 | DIP |
| TP | 24 | テスト・タップ | | マック・エイト | LC-2-G-空 | DIP |
| TP | 25 | テスト・タップ | | マック・エイト | LC-2-G-空 | DIP |
| TP | 26 | テスト・タップ | | マック・エイト | LC-2-G-空 | DIP |
| TP | 29 | テスト・タップ | | マック・エイト | LC-2-G-空 | DIP |
| TP | 30 | テスト・タップ | | マック・エイト | LC-2-G-空 | DIP |
| TPLED | 1 | テスト・タップ | | マック・エイト | LC-2-G-空 | DIP |
| TPLED | 2 | テスト・タップ | | マック・エイト | LC-2-G-空 | DIP |
| TPLED | 3 | テスト・タップ | | マック・エイト | LC-2-G-空 | DIP |
| GND | 1 | テスト・タップ | | マック・エイト | LC-2-G-黒 | DIP |
| GND | 2 | テスト・タップ | | マック・エイト | LC-2-G-黒 | DIP |
| GND | 3 | テスト・タップ | | マック・エイト | LC-2-G-黒 | DIP |
| GND | 4 | テスト・タップ | | マック・エイト | LC-2-G-黒 | DIP |
| PFCO | | テスト・タップ | | マック・エイト | LC-2-G-赤 | DIP |
| 12V | | テスト・タップ | | マック・エイト | LC-2-G-赤 | DIP |
| 5V | | テスト・タップ | | マック・エイト | LC-2-G-赤 | DIP |

ホームページとサポート窓口

ルネサス エレクトロニクスホームページ
<http://japan.renesas.com/>

お問合せ先
<http://japan.renesas.com/inquiry>

改訂記録

| Rev. | 発行日 | 改訂内容 | |
|------|------------|------|--|
| | | ページ | ポイント |
| 1.00 | 2011.05.31 | - | 初版発行 |
| | | 23 | ZUD-CE-10-0205からの変更 ・ 図2 - 9 DC出力電圧のフィードバック制御例を変更（ の位置を修正。 を追加。） |

ZUD-CE-10-0205の改訂記録

| Rev. | 発行日 | 改訂内容 | |
|------|------------|------------|-------------------------------------|
| | | ページ | ポイント |
| 1.00 | 2010.09.30 | - | 初版発行 |
| 2.00 | 2011.03.29 | 1-8, 25-29 | EZ-PFCLED-002をEZ-0011に修正 |
| | | 9 | 備考におけるPWM出力周波数の算出結果を正しい値156[KHz]に修正 |
| | | 11, 12, 24 | 8ビットA/D変換結果から10ビットA/D変換結果を使用する例に変更 |

すべての商標および登録商標は、それぞれの所有者に帰属します。

SuperFlashは、米国Silicon Storage Technology, Inc.の米国、日本などの国における登録商標です。

注意：本製品はSilicon Storage Technology, Inc.からライセンスを受けたSuperFlash[®]を使用しています。

CMOSデバイスの一般的注意事項

- (1) 入力端子の印加波形：入力ノイズや反射波による波形歪みは誤動作の原因になりますので注意してください。CMOSデバイスの入力がノイズなどに起因して、 V_{IL} (MAX.) から V_{IH} (MIN.) までの領域にとどまるような場合は、誤動作を引き起こす恐れがあります。入力レベルが固定な場合はもちろん、 V_{IL} (MAX.) から V_{IH} (MIN.) までの領域を通過する遷移期間中にチャタリングノイズ等が入らないようご使用ください。
- (2) 未使用入力の処理：CMOSデバイスの未使用端子の入力レベルは固定してください。未使用端子入力については、CMOSデバイスの入力に何も接続しない状態で動作させるのではなく、プルアップかプルダウンによって入力レベルを固定してください。また、未使用の入出力端子が出力となる可能性（タイミングは規定しません）を考慮すると、個別に抵抗を介して V_{DD} または GND に接続することが有効です。資料中に「未使用端子の処理」について記載のある製品については、その内容を守ってください。
- (3) 静電気対策：MOSデバイス取り扱いの際は静電気防止を心がけてください。MOSデバイスは強い静電気によってゲート絶縁破壊を生じることがあります。運搬や保存の際には、当社が出荷梱包に使用している導電性のトレイやマガジン・ケース、または導電性の緩衝材、金属ケースなどを利用し、組み立て工程にはアースを施してください。プラスチック板上に放置したり、端子を触ったりしないでください。また、MOSデバイスを実装したボードについても同様の扱いをしてください。
- (4) 初期化以前の状態 電源投入時、MOSデバイスの初期状態は不定です。電源投入時の端子の出力状態や出力設定、レジスタ内容などは保証しておりません。ただし、リセット動作やモード設定で定義している項目については、これらの動作ののちに保証の対象となります。リセット機能を持つデバイスの電源投入後は、まずリセット動作を実行してください。
- (5) 電源投入切断順序 内部動作および外部インタフェースで異なる電源を使用するデバイスの場合、原則として内部電源を投入した後に外部電源を投入してください。切断の際には、原則として外部電源を切断した後に内部電源を切断してください。逆の電源投入切断順により、内部素子に過電圧が印加され、誤動作を引き起こしたり、異常電流が流れ内部素子を劣化させたりする場合があります。資料中に「電源投入切断シーケンス」についての記載のある製品については、その内容を守ってください。
- (6) 電源OFF時における入力信号 当該デバイスの電源がOFF状態の時に、入力信号や入出力プルアップ電源を入れしないでください。入力信号や入出力プルアップ電源からの電流注入により、誤動作を引き起こしたり、異常電流が流れ内部素子を劣化させたりする場合があります。資料中に「電源OFF時における入力信号」についての記載のある製品については、その内容を守ってください。

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情報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、誤りがな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。



ルネサス エレクトロニクス株式会社

■営業お問合せ窓口

<http://www.renesas.com>

※営業お問合せ窓口の住所・電話番号は変更になることがあります。最新情報につきましては、弊社ホームページをご覧ください。

ルネサス エレクトロニクス販売株式会社 〒100-0004 千代田区大手町2-6-2（日本ビル）

(03)5201-5307

■技術的なお問合せおよび資料のご請求は下記へどうぞ。

総合お問合せ窓口：<http://japan.renesas.com/inquiry>