

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。

本ドキュメントは78K0/Kx1 および78K0/Kx1+において各周辺機能の動作を実現する
サンプルソフトウェアの動作について説明しています。

ご注意

本ソフトウェアはあくまで参考用のソフトであり、当社がこの動作を保証するものではありません。

本ソフトウェアを使用する場合、お客様のセット上で十分な評価の上ご使用いただきますようお願いいたします。

目次

1 . 概要	4
2 . 作業環境	4
2 . 1 対象デバイス.....	4
2 . 2 サンプル作成環境.....	4
3 . プログラム説明	5
3 . 1 ポート	5
3.1.1 CMOS	5
3.1.2 N c h	10
3 . 2 クロック発生	14
3 . 3 16ビット・タイマ/イベント・カウンタ00	18
3.3.1 インターバル・タイマ	18
3.3.2 P P G出力	24
3.3.3 P P G切替え.....	30
3.3.4 パルス幅測定.....	38
3.3.5 方形波出力	46
3.3.6 ワンショット・パルス出力	52
3 . 4 8ビット・タイマ/イベント・カウンタ50	58
3.4.1 インターバル・タイマ	58
3.4.2 方形波出力	64
3.4.3 PWM出力	70
3 . 5 8ビット・タイマH0	76
3.5.1 PWM出力	76
3 . 6 時計用タイマ	82
3 . 7 ウォッチドッグ・タイマ	88
3 . 8 クロック出力	94
3.8.1 クロック出力.....	94
3.8.2 ブザー出力	100
3 . 9 A/Dコンバータ	106
3.9.1 ソフト・トリガ.....	106
3.9.2 ハード・トリガ.....	112
3 . 10 シリアル・インタフェースUART0	120
3 . 11 シリアル・インタフェースCSI10	126
3 . 12 シリアル・インタフェースCSIA0	132

3.13	乗算器.....	139
3.14	割込み機能.....	144
3.15	キー割込み機能.....	150
3.16	スタンバイ機能.....	156
3.16.1	HALT - タイマ割込みによる復帰.....	156
3.16.2	STOP - タイマ割込みによる復帰.....	162
3.16.3	STOP - 端子割込みによる復帰.....	168
3.17	クロック・モニタ.....	174
3.18	低電圧検出回路.....	180
3.19	リセット・アウト.....	188

1 . 概要

本書は78K0 / Kx1および78K0 / Kx1+用に作成した、サンプル・プログラムの説明書です。

2 . 作業環境

本サンプル・プログラムを作成した作業環境を下記に示します。

2 . 1 対象デバイス

78K0 / Kx1

2 . 2 サンプル作成環境

- ・コンパイラ : CC78K0 Ver.E3.40h
- ・アセンブラ : RA78K0 Ver.E3.51c
- ・シミュレータ : SM78K0 Ver.E2.52a

- ・デバイス・ファイル

: uPD780148 V1.00

3 . プログラム説明

3 . 1 ポート

3.1.1 CMOS

ファイル名

CMOS

- PORT_CMOS.asm (アセンブリ言語ソース)
- PORT_CMOS.c (C言語ソース)

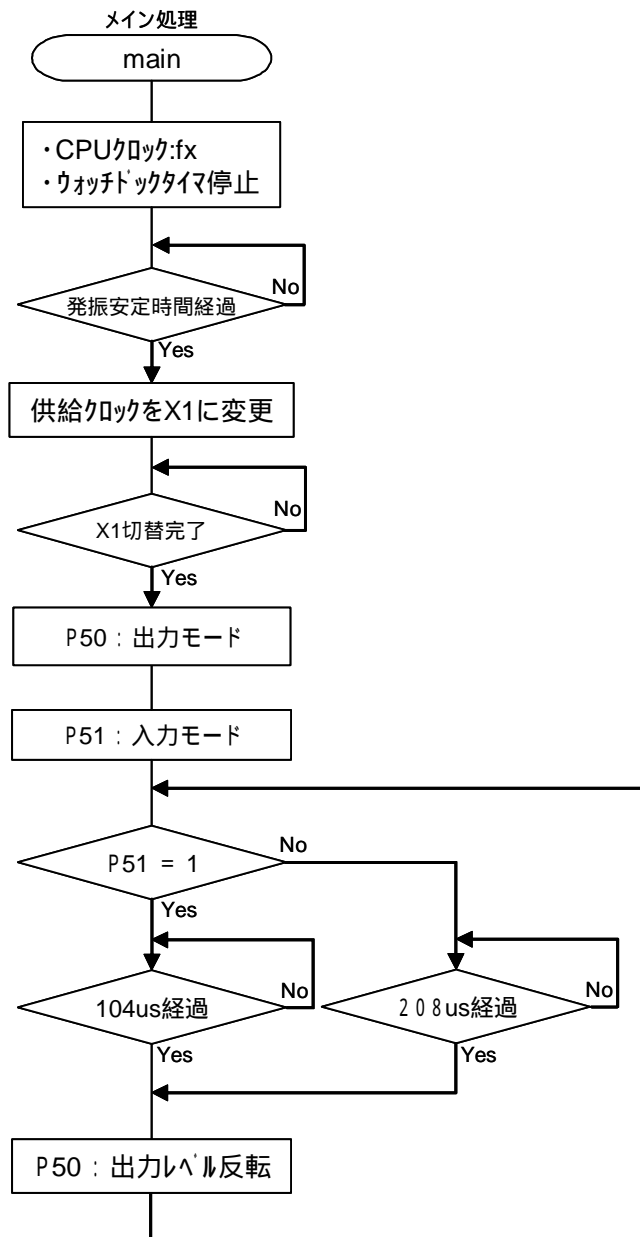
説明

入力および出力の専用ポートと、入出力兼用ポートが用意されています。各ポートは1ビットおよび8ビットの操作ができます。ほとんどのポートは内蔵プルアップ抵抗の使用が可能です。

このプログラムは、メイン処理において P51 が High の時、P50 から 4.88kHz の波形を出力し、P51 が Low の時、P50 から 2.4kHz の波形を出力します。CPU 供給クロックは、X1 入力クロック (10MHz) を選択します。

プログラムの詳細動作としては、まず X1 入力クロック(10MHz)に切り替った事を確認します。その後 P51 端子から入力したレベルを判断します。判断の結果、P51=0 の場合、約 2.4kHz の周波数の波形を出力します。P51=1 の場合、約 4.8kHz の周波数の波形を出力します。

フローチャート



C言語ソース

```
/*
*****
*
* Title: CMOS port control
*
* Parameters: - fastest CPU clock (fx=10MHz)
*             - port 5.0 outputs 4.8kHz when port 5.1 = 1
*             - port 5.0 outputs 2.4kHz when port 5.1 = 0
*****
*/
#pragma sfr
#pragma NOP
#pragma EI

/*
-----
  Constants/Variables
-----
*/

/*status list definition*/
#define TRUE      1
#define FALSE    0

/*
-----
  Main Program
-----
*/

void main( void )
{
    unsigned short  i;

    PCC = 0x00;          /* CPU clock: fx */
    WDTM = 0x77;        /* Watchdog Timer Stop */

    /* Waiting for oscillation stable time */
    while( OSTC.0 == 0 );
    MCMO = 1;           /* supply clock: X1 */
    /* Waiting for X1 clock change */
    while( MCS == 0 );

    PM5.0 = 0;         /* set P50 output mode */
    PM5.1 = 1;         /* set P51 input mode */

    while(TRUE)       /* main loop */
    {
        /* control port level judge */
        if( P5.1 == 1 ){
            for( i=0 ; i<45 ; i++ ); /* approx. delay for 4.8kHz */
        }
        else{
            for( i=0 ; i<92 ; i++ ); /* approx. delay for 2.4kHz */
        }
        P5.0 ^= 1;     /* Output level reversal */
    }
}

```

アセンブリ言語ソース

```
;
;*****
;
; Title: CMOS port control
;
; Parameters: - fastest CPU clock (fx=10MHz)
;             - port 5.0 outputs 4.8kHz when port 5.1 = 1
;             - port 5.0 outputs 2.4kHz when port 5.1 = 0
;*****
;
;-----
; Specify Interrupt Vectors
;-----
RESET_VECTOR    CSEG AT 0000h    ;On reset, go to Start
                DW      start

;-----
; Main Program
;-----
START           CSEG

start:
    SEL        RB0
    MOVW      SP, #0FE20h
    MOV       PCC, #00H          ; CPU clock: fx
    MOV       WDTM, #77H        ; Watchdog Timer Stop

; Waiting for oscillation stable time
start01:
    BT        OSTC.0, $start02
    BR        $start01
start02:
    SET1      MCMO              ; enable X1
; Waiting for X1 clock change
start03:
    BT        MCS, $start04
    BR        $start03
start04:
    CLR1      PM5.0            ; set P50 output mode
    SET1      PM5.1

main:
    MOVW      AX, #0000H
    BF        P5.1, $main02

main01:
    CMPW      AX, #45          ;approx. delay for 4.8kHz
    BNC       $main03
    INCW      AX
    BR        $main01

main02:
    CMPW      AX, #92          ;approx. delay for 2.4kHz
    BNC       $main03
    INCW      AX
    BR        $main02
main03:
    MOV1      CY, P5.0
    NOT1      CY
```

MOV1 P5.0, CY ; Output level reversal
BR \$main

END

3.1.2 N c h

ファイル名

Nch

- PORT_Nch.asm (アセンブリ言語ソース)
- PORT_Nch.c (C言語ソース)

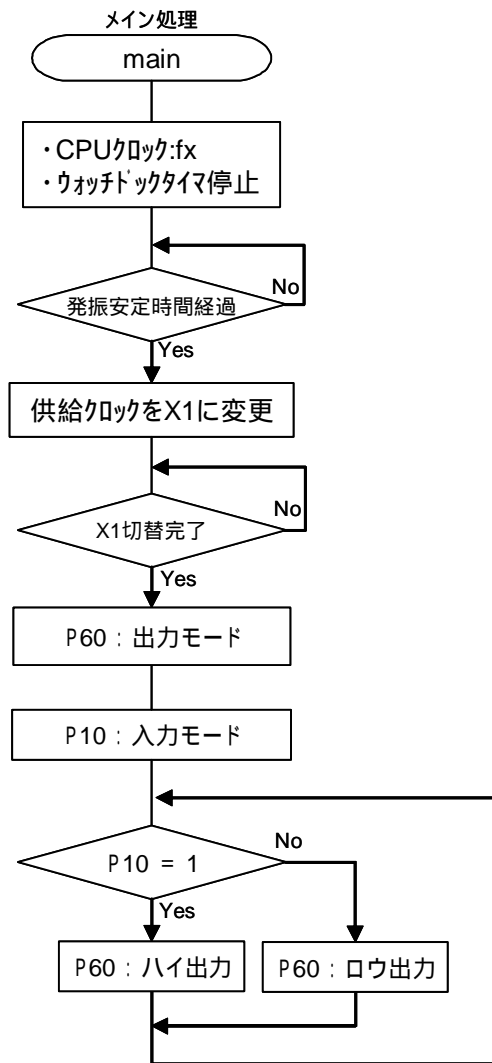
説明

入力および出力の専用ポートと、入出力兼用ポートが用意されています。各ポートは1ビットおよび8ビットの操作ができます。ほとんどのポートは内蔵プルアップ抵抗の使用が可能です。

このプログラムは、メイン処理においてP10がHighの時、P60にHigh出力し、P10がLowの時、P60にLow出力を行います。CPU供給クロックは、X1入力クロック(10MHz)を選択します。

プログラムの詳細動作としては、まずX1入力クロック(10MHz)に切り替った事を確認します。その後P10端子から入力したレベルを判断します。判断の結果、P10=0の場合、P60からLowレベルを出力します。P10=1の場合、P60からHighレベルを出力します。

フローチャート



C 言語ソース

```
/*
*****
*
* Title: Nch port control
*
* Parameters: - fastest CPU clock (fx=10MHz)
*             - port 6.0 outputs high level when port 1.0 = 1
*             - port 6.0 outputs low level when port 1.0 = 0
*****
*/
#pragma sfr
#pragma NOP
#pragma EI

/*
-----
  Constants/Variables
-----
*/

/*status list definition*/
#define TRUE      1
#define FALSE    0

/*
-----
  Main Program
-----
*/

void main( void )
{
    unsigned short  i;

    PCC = 0x00;          /* CPU clock: fx */
    WDTM = 0x77;        /* Watchdog Timer Stop */

    /* Waiting for oscillation stable time */
    while( OSTC.0 == 0);
    MCMO = 1;           /* supply clock: X1 */
    /* Waiting for X1 clock change */
    while( MCS == 0 );

    PM6.0 = 0;          /* set P60 output mode */
    PM1.0 = 1;          /* set P10 input mode */

    while(TRUE)        /* main loop */
    {
        /* control port level judge */
        if( P1.0 == 1 ){
            P6.0 = 1;    /* P60=1 */
        }
        else{
            P6.0 = 0;    /* P60=0 */
        }
    }
}
}
```

アセンブリ言語ソース

```
;
;*****
;
; Title: Nch port control
;
; Parameters: - fastest CPU clock (fx=10MHz)
;             - port 6.0 outputs high level when port 1.0 = 1
;             - port 6.0 outputs low level when port 1.0 = 0
;*****
;
;-----
; Specify Interrupt Vectors
;-----
RESET_VECTOR    CSEG AT 0000h    ;On reset, go to Start
                DW      start

;-----
; Main Program
;-----
START           CSEG

start:
    SEL        RB0
    MOVW       SP, #0FE20h
    MOV        PCC, #00H          ; CPU clock: fx
    MOV        WDTM, #77H        ; Watchdog Timer Stop

; Waiting for oscillation stable time
start01:
    BT         OSTC.0, $start02
    BR         $start01
start02:
    SET1       MCMO                ; enable X1
; Waiting for X1 clock change
start03:
    BT         MCS, $start04
    BR         $start03
start04:
    CLR1       PM6.0
    SET1       PM1.0

main:
    BF         P1.0, $main01        ; main loop
    SET1       P6.0
    BR         $main

main01:
    CLR1       P6.0
    BR         $main

END
```

3.2 クロック発生

ファイル名

- CLK_Generate.asm (アセンブリ言語ソース)
- CLK_Generate.c (C言語ソース)

説明

クロック発生回路は、CPUおよび周辺ハードウェアに供給するクロックを発生する回路です。
システム・クロック発振回路には、次の3種類があります。

(1) X1発振回路

2.0~10.0 MHzのクロックを発振します。STOP命令の実行またはメインOSCコントロール・レジスタ(MOC)、プロセッサ・クロック・コントロール・レジスタ(PCC)の設定により、発振を停止することができます。

(2) Ring-OSC発振回路

240 kHz (TYP.) のクロックを発振します。マスク・オプションで「ソフトウェアにより停止可能」に設定し、CPUクロックがX1入力クロックの場合、Ring-OSCモード・レジスタ(RCM)の設定により、発振を停止することができます。

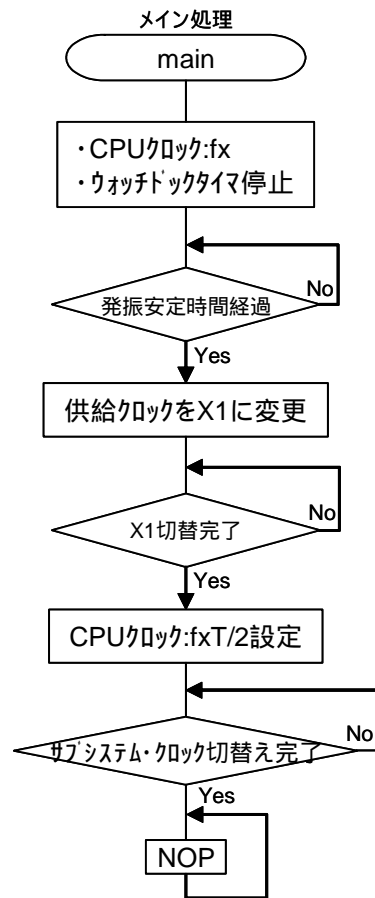
(3) サブシステム・クロック発振回路

32.768 kHzの周波数を発振します。発振の停止はできません。サブシステム・クロック発振回路を使用しないとき、プロセッサ・クロック・コントロール・レジスタ(PCC)により、内蔵フィードバック抵抗を使用しない設定ができます。これによって、STOPモード時の消費電力を低減できます。

このプログラムは、メイン処理において「Ring-OSC」「メインクロック」「サブクロック」の順番で動作クロックを変更します(動作クロックは、ステータスを確認してから切り替えます)。CPU供給加っは、X1入力加っ(10MHz)を選択します。

プログラムの詳細動作としてはリセット解除後、発振安定時間を待つために発振安定時間カウンタ状態レジスタ(OSTC)を確認します(6.55ms以上経過を待つ)。時間経過後、CPUへの供給クロックをX1入力クロックに設定します。CPUクロックのステータス(MCS)を確認しながらX1入力クロックに切り替わるのを待ちます。X1入力クロックに切り替わったことを確認後、CPUへの供給クロックをサブクロックに設定します。その後CPUクロックのステータス(CLS)を確認しながらサブクロックに切り替わるのを待ちます。

フローチャート



C 言語ソース

```
/*
*****
*
* Title: Clock generating
*
* Parameters: - fastest CPU clock (fx=10MHz)
*             - subsystem clock 32.768kHz
*             - Ring-OSC clock 240kHz
*****
*/
#pragma sfr
#pragma NOP
#pragma EI

/*
-----
  Constants/Variables
-----
*/

/*status list definition*/
#define TRUE      1
#define FALSE    0

/*
-----
  Main Program
-----
*/

void main( void )
{
    PCC = 0x00;          /* CPU clock: fx */
    WDTM = 0x77;        /* Watchdog Timer Stop */

    /* Waiting for oscillation stable time */
    while( OSTC.0 == 0 );
    MCMD = 1;           /* supply clock: X1 */
    /* Waiting for X1 clock change */
    while( MCS == 0 );

    CSS = 1;           /* enable sub clock */
    /* Waiting for sub clock change */
    while( CLS == 0 );

    while(TRUE)        /* Endless loop */
    {
        NOP();
    }
}
```

アセンブリ言語ソース

```
;
;*****
;
; Title: Clock generating
;
; Parameters: - fastest CPU clock (fx=10MHz)
;             - subsystem clock 32.768kHz
;             - Ring-OSC clock 240kHz
;*****
;
;-----
; Specify Interrupt Vectors
;-----
RESET_VECTOR   CSEG AT 0000h           ;On reset, go to Start
               DW      start
;
;-----
; Main Program
;-----
START          CSEG

start:
    SEL        RBO
    MOVW       SP, #0FE20h
    MOV        PCC, #00H                ; CPU clock: fx
    MOV        WDTM, #77H              ; Watchdog Timer Stop

; Waiting for oscillation stable time
start01:
    BT         OSTC.0, $start02
    BR         $start01
start02:
    SET1       MCMO                      ; enable X1
; Waiting for X1 clock change
start03:
    BT         MCS, $start04
    BR         $start03
start04:
    SET1       CSS                       ; enable sub clock
start10:
    BT         CLS, $start11
    BR         $start10
start11:
main:
; Endless loop
    NOP
    BR         $main

END
```

3.3 16ビット・タイマ/イベント・カウンタ00

3.3.1 インターバル・タイマ

ファイル名

Interval

- TM0_Interval.asm (アセンブリ言語ソース)
- TM0_Interval.c (C言語ソース)

説明

16ビット・タイマ/イベント・カウンタ00, 01[※]には、次のような機能があります。

(1) インターバル・タイマ

あらかじめ設定した任意の時間間隔で割り込み要求を発生します。

(2) PPG出力

周波数と出力パルス幅を任意に設定できる矩形波を出力できます。

(3) パルス幅測定

外部から入力される信号のパルス幅を測定できます。

(4) 外部イベント・カウンタ

外部から入力される信号のパルス数を測定できます。

(5) 方形波出力

任意の周波数の方形波出力が可能です。

(6) ワンショット・パルス出力

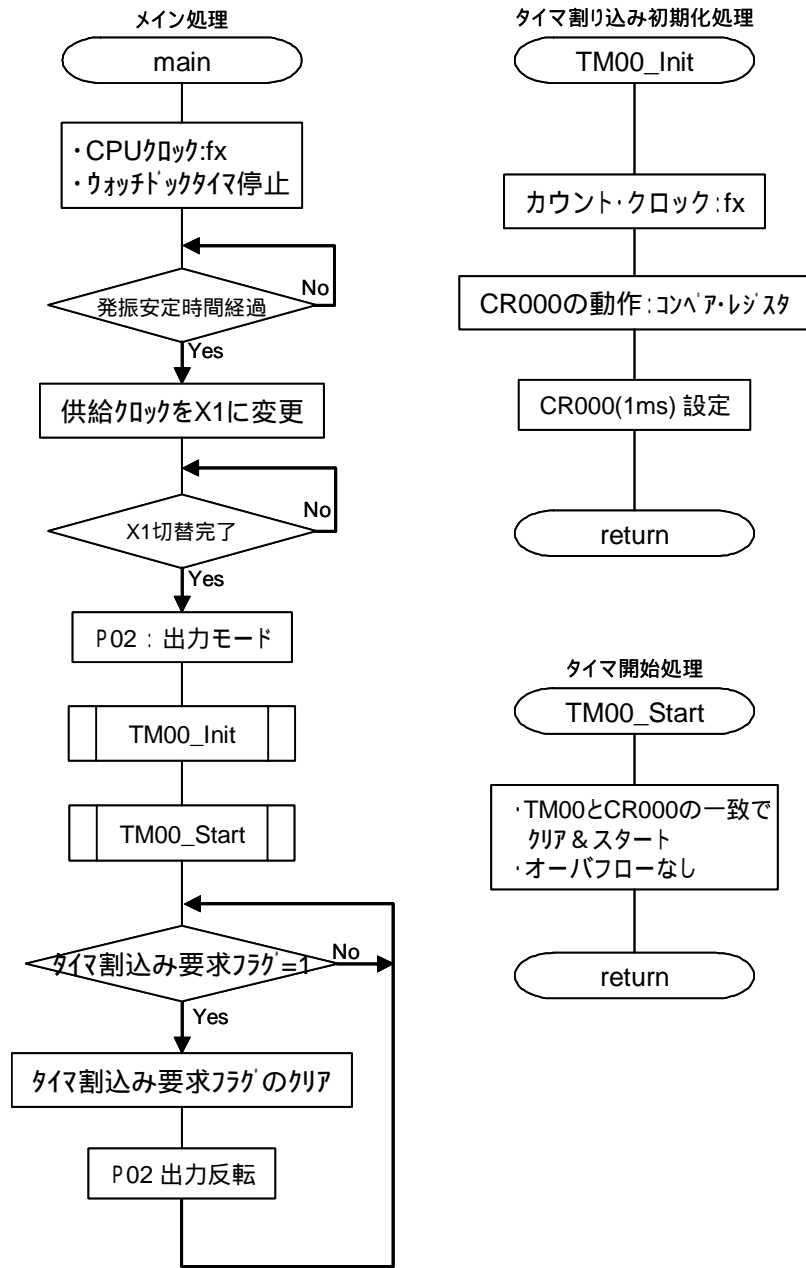
出力パルス幅を任意に設定できるワンショット・パルスを出力できます。

注 μPD780146, 780148, 78F0148のみ。

このプログラムは、1ms 毎にインターバルモードにより INTTM00 を発生させます。そして、メイン処理にてフラグセンスにより 1ms 経過を判断し、P02 を反転出力します。CPU 供給加ックは、X1 入力加ック (10MHz) を選択します。

初期設定として、タイマのカウントクロックは 10MHz が選択され、かつ 16 ビット・タイマ・キャプチャ/コンペアレジスタ 000(CR000)は 9999 に設定されています。タイマの動作開始後、タイマ・カウンタがコンペアレジスタの値 (1ms) と一致した時、タイマ割り込みの要求フラグ (TMIF000) がセットされます。メインループは、このタイマ割り込みのリクエストフラグがセットされたことを検知すると、P02 のレベルを反転出力させます。

フローチャート



C 言語ソース

```
/*
*****
*
* Title: Interval timer by TMO0
*
* Parameters: - fastest CPU clock (fx=10MHz)
*             - timer: 16-bit timer/event counter TMO0
*             - timer count clock: fx (10MHz)
*             - compare register value (CR000): 0x270f
*             - interval time: 1.0 ms
*             - interrupt handling: polling of interrupt request flag (TMIF000)
*             - output port: port 0.2 (toggles every 1.0 ms)
*****
*/
#pragma sfr
#pragma NOP
#pragma EI

/*
-----
Constants/Variables
-----
*/

#define TM_TMO0_INTERVALVALUE 0x270f

/*status list definition*/
#define TRUE 1
#define FALSE 0

void TMO0_Init(void);
void TMO0_Start();

/*
-----
Main Program
-----
*/

void main( void )
{
    PCC = 0x00;          /* CPU clock: fx */
    WDTM = 0x77;        /* Watchdog Timer Stop */

    /* Waiting for oscillation stable time */
    while( OSTC.0 == 0);
    MCMO = 1;           /* supply clock: X1 */
    /* Waiting for X1 clock change */
    while( MCS == 0 );

    PM0.2 = 0;          /* P02=0 */

    TMO0_Init();        /* TMO0 initialization function */
    TMO0_Start();       /* TMO0 start function */

    while(TRUE)         /* main loop */
    {
        /* Waiting for timer request flag */
        while( TMIF000 == 0 )
        {
            NOP();
        }
    }
}

```

```

    }
    TMIF000 = 0;          /* No interrupt request signal is generated */
    PO.2 ^= 1;          /* PO.2 output reversal */
}
}

/*
-----
  Functions Group
-----
*/

/*
-----
Abstract:
  Initiate TMO0, select function and input parameter
  count clock selection, INT init
-----
*/
void TMO0_Init( void )
{
    PRM00 = 0x00;          /* internal count clock */

    /*timer00 interval*/
    CRC00 = 0x00;          /* CR010 operating mode : Operates as compare register */
                          /* CR000 operating mode : Operates as compare register */
                          /* CR000 capture trigger: Captures on valid edge of TI010 */

    CR000 = TM_TMO0_INTERVALVALUE;
}

/*
-----
Abstract:
  Start the timer00 counter
-----
*/
void TMO0_Start()
{
    TMC00 = 0x0c;          /* Clear & start occurs on match between TMO0 and CR000 */
}

```

アセンブリ言語ソース

```

;*****
;
;
; Title: Interval timer by TM00
;
; Parameters: - fastest CPU clock (fx=10MHz)
;             - timer: 16-bit timer/event counter TM00
;             - timer count clock: fx (10MHz)
;             - compare register value (CR000): 0x270f
;             - interval time: 1.0 ms
;             - interrupt handling: polling of interrupt request flag (TMIF000)
;             - output port: port 0.2 (toggles every 1.0 ms)
;*****
;
;-----
; Macro Define
;-----
;
TM_TM00_INTERVALVALUE EQU 270fH
;
;-----
; Specify Interrupt Vectors
;-----
;
RESET_VECTOR CSEG AT 0000h ; On reset, go to Start
              DW start
;
;-----
; Main Program
;-----
START CSEG

start:
    SEL R0
    MOVW SP, #0FE20h
    MOV PCC, #00H ; CPU clock: fx
    MOV WDTM, #77H ; Watchdog Timer Stop

; Waiting for oscillation stable time
start01:
    BT OSTC.0, $start02
    BR $start01
start02:
    SET1 MCMO ; enable X1
; Waiting for X1 clock change
start03:
    BT MCS, $start04
    BR $start03
start04:
    CLR1 PM0.2

    CALL !TM00_Init ; Waiting for X1 clock change
    CALL !TM00_Start ; TM00 start function

main:
    BTCLR TMIF000, $main00 ; main loop
    NOP ; Waiting for timer request flag
    BR $main

main00:

```



```

MOV1  CY, P0.2
NOT1  CY
MOV1  P0.2, CY           ; P0.2 output reversal

BR    $main

```

```

;-----
; Functions Group
;-----

```

```

;-----
; Abstract:
; Initiate TM00, select function and input parameter
; count clock selection, INT init
;-----

```

```

TM00_Init:
MOV    PRM00, #00H       ; internal count clock

;Timer00 interval
MOV    CRC00, #00H
MOVW   CRO00, #TM_TM00_INTERVALVALUE

RET

```

```

;-----
; Abstract:
; Start the timer00 counter
;-----

```

```

TM00_Start:
MOV    TMC00, #0CH      ; Clear & start occurs on match between TM00 and CRO00

RET

```

```

END

```

3.3.2 PPG出力

ファイル名

PPG_out

- TM0_PPGout.asm (アセンブリ言語ソース)
- TM0_PPGout.c (C言語ソース)

説明

16ビット・タイマ/イベント・カウンタ00, 01[※]には, 次のような機能があります。

(1) インターバル・タイマ

あらかじめ設定した任意の時間間隔で割り込み要求を発生します。

(2) PPG出力

周波数と出力パルス幅を任意に設定できる矩形波を出力できます。

(3) パルス幅測定

外部から入力される信号のパルス幅を測定できます。

(4) 外部イベント・カウンタ

外部から入力される信号のパルス数を測定できます。

(5) 方形波出力

任意の周波数の方形波出力が可能です。

(6) ワンショット・パルス出力

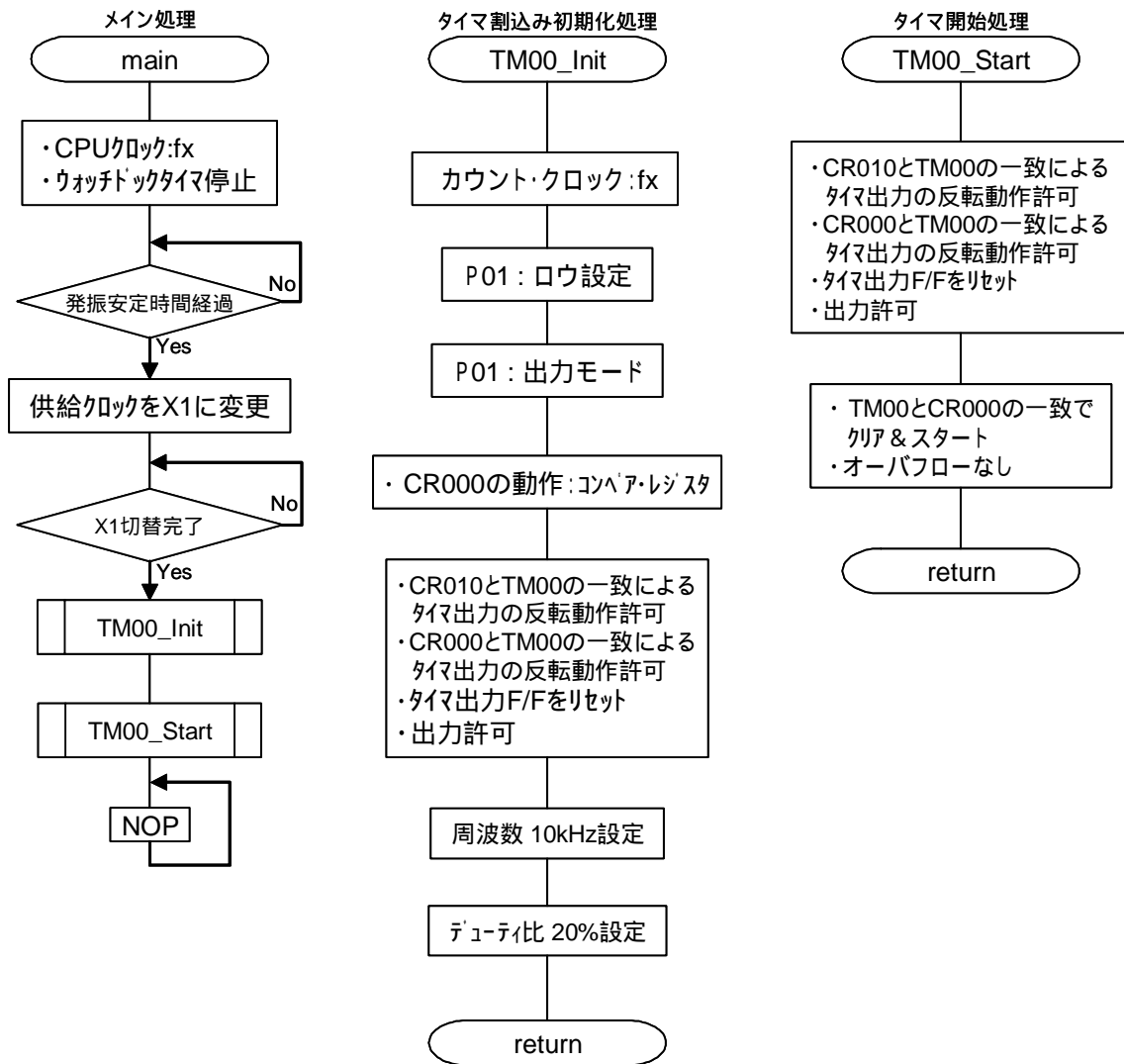
出力パルス幅を任意に設定できるワンショット・パルスを出力できます。

注 μ PD780146, 780148, 78F0148のみ。

このプログラムは、P01/TO00 より PPG モードを使用して、10KHz、デューティ比 20%(High=80 μ s, Low=20 μ s)の波形を出力します。そしてメイン処理は、出力設定後無限ループにします。CPU 供給切替は、X1 入力切替 (10MHz) を選択します。

初期設定として、タイマのカウンタクロックは 10MHz を選択します。そして、コンペアレジスタ (CR010)は PPG 出力期間を決定し、999 までのカウントで 100 μ s(10kHz)期間を作成します。コンペアレジスタ(CR000)はパルスの幅を決定し、199 までのカウントで 20 μ s(デューティ比 20%)のパルス幅を作成します。タイマの実行開始後、コンペアレジスタとカウント値が一致した時、出力ポート(TO00)の出力レベルを反転します。まず、タイマが0からのスタート後、CR010 と値が一致したとすると出力が逆になります。その後、カウントは継続して進み CR000 と一致した時点で出力を再び逆にした後タイマはクリアされ0から再カウントされます。このオペレーションはプログラムからの介入なしに連続的に行われます。

フローチャート



C 言語ソース

```
/*
*****
*
* Title: PPG output by TMO0
*
* Parameters: - fastest CPU clock (fx=10MHz)
*             - timer: 16-bit timer/event counter TMO0
*             - timer count clock: fx (10MHz)
*             - compare register CR000 value: 0x03e7
*             - compare register CR010 value: 0x00c7
*             - output port: port 0.1 (P01/T000)
*             - PPG output frequency: 10kHz (100us period)
*             - PPG duty cycle: 20% (20us pulse)
*
*****
*/
#pragma sfr
#pragma NOP

/*
-----
Constants/Variables
-----
*/

#define TM_TMO0_PPGCYCLE    0x3e7
#define TM_TMO0_PPGWIDTH   0xc7

/*status list definition*/
#define TRUE                1
#define FALSE               0

void TMO0_Init(void);
void TMO0_Start();

/*
-----
Main Program
-----
*/

void main( void )
{
    PCC = 0x00;          /* CPU clock: fx */
    WDTM = 0x77;        /* Watchdog Timer Stop */

    /* Waiting for oscillation stable time */
    while( OSTC.0 == 0);
    MCMO = 1;           /* supply clock: X1 */
    /* Waiting for X1 clock change */
    while( MCS == 0 );

    TMO0_Init();        /* TMO0 initialization function */
    TMO0_Start();       /* TMO0 start function */

    while(TRUE)        /* Endless loop */
    {
        NOP();
    }
}

/*
-----
Functions Group
-----
*/
```

*/

/*

Abstract:

Initiate TMO0, select founction and input parameter
count clock selection, INT init

*/

void TMO0_Init(void)

{

PRMO0 = 0x00; /* internal count clock */
/*timer00 PPG output function*/

PO.1 = 0; /* P01=0 */
PM0.1 = 0; /* set P01 is output mode */

CR00 = 0x00; /* CR010 operating mode : Operates as compare register */
/* CR000 operating mode : Operates as compare register */
/* CR000 capture trigger: Captures on valid edge of T1010 */
/* init low */

TCC00 = 0x17;
CR000 = TM_TMO0_PPGCYCLE;
CR010 = TM_TMO0_PPGWIDTH;

}

/*

Abstract:

Start the timer00 counter

*/

void TMO0_Start(void)

{

TCC00=0x17; /* init low */
TMC00=0x0c; /* Clear & start occurs on match between TMO0 and CR000 */

}

アセンブリ言語ソース

```

;
;*****
;
; *
; * Title: PPG output by TM00
; *
; * Parameters: - fastest CPU clock (fx=10MHz)
; *             - timer: 16-bit timer/event counter TM00
; *             - timer count clock: fx (10MHz)
; *             - compare register CR000 value: 03e7H
; *             - compare register CR010 value: 00c7H
; *             - output port: port 0.1 (P01/T000)
; *             - PPG output frequency: 10kHz (100us period)
; *             - PPG duty cycle: 20% (20us pulse)
; *
;*****
;
;-----
;
; Macro Define
;-----
;
TM_TM00_PPGCYCLE      EQU      03e7H
TM_TM00_PPGWIDTH     EQU      00c7H
;
;-----
;
; Specify Interrupt Vectors
;-----
;
RESET_VECTOR         CSEG AT 0000h      ; On reset, go to Start
                    DW      start
;
;-----
;
; Main Program
;-----
START                CSEG

start:
    SEL      R0
    MOVW    SP, #0FE20h
    MOV     PCC, #00H          ; CPU clock: fx
    MOV     WDTM, #77H        ; Watchdog Timer Stop

; Waiting for oscillation stable time
start01:
    BT      OSTC.0, $start02
    BR      $start01
start02:
    SET1    MCMO              ; enable X1
; Waiting for X1 clock change
start03:
    BT      MCS, $start04
    BR      $start03
start04:
    CALL    !TM00_Init        ; TM00 initialization function
    CALL    !TM00_Start      ; TM00 start function

main:
; Endless loop
    NOP
    BR     $main

```

```
;-----  
;  
; Functions Group  
;-----
```

```
;-----  
; Abstract:  
; Initiate TM00, select function and input parameter  
; count clock selection, INT init  
;-----
```

```
TM00_Init:  
  MOV    PRM00, #00H          ; internal count clock  
        ;Timer00 PPG output function  
  
  CLR1   P0.1  
  CLR1   PM0.1  
  
  MOV    CRC00, #00H  
  MOV    TOC00, #17H          ; init low  
  MOVW   CR000, #TM_TM00_PPGCYCLE  
  MOVW   CR010, #TM_TM00_PPGWIDTH  
  
  RET
```

```
;-----  
; Abstract:  
; Start the timer00 counter  
;-----
```

```
TM00_Start:  
  MOV    TOC00, #17H  
  MOV    TMC00, #0CH          ; Clear & start occurs on match between TM00 and CR000  
  
  RET
```

```
END
```

3.3.3 PPG切替え

ファイル名

PPG_change

- TM0_PPGcng.asm (アセンブリ言語ソース)
- TM0_PPGcng.c (C言語ソース)

説明

16ビット・タイマ/イベント・カウンタ00, 01[※]には, 次のような機能があります。

(1) インターバル・タイマ

あらかじめ設定した任意の時間間隔で割り込み要求を発生します。

(2) PPG出力

周波数と出力パルス幅を任意に設定できる矩形波を出力できます。

(3) パルス幅測定

外部から入力される信号のパルス幅を測定できます。

(4) 外部イベント・カウンタ

外部から入力される信号のパルス数を測定できます。

(5) 方形波出力

任意の周波数の方形波出力が可能です。

(6) ワンショット・パルス出力

出力パルス幅を任意に設定できるワンショット・パルスを出力できます。

注 μPD780146, 780148, 78F0148のみ。

このプログラムは、P40 端子の入力状態 (P40=0(Low) : 20% , P40=1(High) : 50%) により、PPG モードで P01/TO00 から出力する 10KHz 出力波形の、デューティ比を変更します。ただし P40 端子の入力状態は、TM00 の割り込み処理内で判定します。CPU 供給クロックは、X1 入力クロック (10MHz) を選択します。

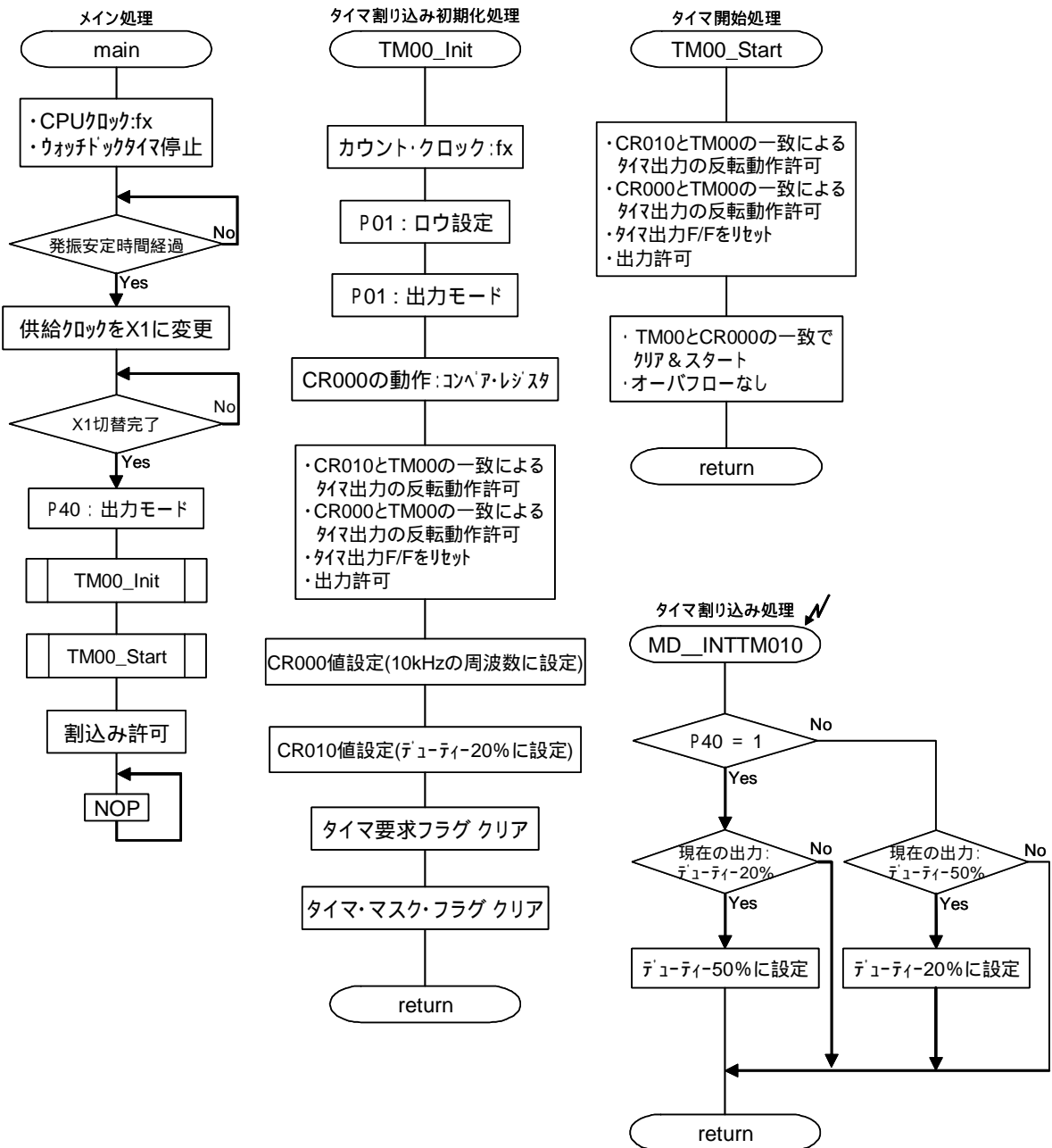
タイマのカウントクロックは 10MHz を選択します。そしてデューティ比の切り替え用の P40 端子の入力レベルを判断し、そのレベルに応じて P01/TO00 から、10kHz の周波数で 2 種類のデューティ比の波形を切り替えて出力します。デューティ比切り替えタイミングは、16 ビット・タイマ・キャプチャ/コンペアレジスタ 000(CR000)に設定された値とタイマ・カウンタ 00(TM00)のカウント値が一致した時に割り込みを発生させ、割り込み処理内にて 16 ビット・タイマ・キャプチャ/コンペアレジスタ 010(CR010)の設定値を変更することで行います。

CR010 の初期値はデューティ比 20%に設定されます。

P40=0 の時、現在の出力設定がデューティ比 50%なら、デューティ比を 20%に変更します。

P40=1 の時、現在の出力設定がデューティ比 20%なら、デューティ比を 50%に変更します。

フローチャート



C 言語ソース

```
/*
*****
*
* Title: PPG output waveform change by TMO0
*
* Parameters: - fastest CPU clock (fx=10MHz)
*             - timer: 16-bit timer/event counter TMO0
*             - timer count clock: fx (10MHz)
*             - output port: port 0.1 (P01/T000)
*             - PPG output 10kHz ( PPG duty cycle 20% ) when port 4.0 = 0
*             - PPG output 10kHz ( PPG duty cycle 50% ) when port 4.0 = 1
*****
*/
#pragma sfr
#pragma NOP
#pragma EI

/*
-----
Specify Interrupt Vectors
-----
*/
#pragma interrupt INTTMO10 MD_INTTMO10

/*
-----
Constants/Variables
-----
*/

#define TM_TMO0_PPGCYCLE 0x3e7
#define TM_TMO0_PPGWIDTH20 0x0c7
#define TM_TMO0_PPGWIDTH50 0x1f3

/*status list definition*/
#define TRUE 1
#define FALSE 0

void TMO0_Init(void);
void TMO0_Start();

/*
-----
Main Program
-----
*/

void main( void )
{
    PCC = 0x00;          /* CPU clock: fx */
    WDTM = 0x77;        /* Watchdog Timer Stop */

    /* Waiting for oscillation stable time */
    while( OSTC.0 == 0);
    MCMD = 1;           /* supply clock: X1 */
    /* Waiting for X1 clock change */
    while( MCS == 0 );

    PM4.0 = 1;         /* set P40 is input mode */

    TMO0_Init();       /* TMO0 initialization function */
    TMO0_Start();      /* TMO0 start function */
}

```

NEC Electronics Corporation
2003

```

EI();          /* Master interruption permission */

while(TRUE)   /* Endless loop */
{
    NOP();
}
}

/*
-----
Functions Group
-----
*/

/*
-----
Abstract:
Initiate TMO0, select founction and input parameter
count clock selection, INT init
-----
*/
void TMO0_Init( void )
{
    PRMO0 = 0x00;          /* internal count clock */
    /*timer00 PPG output function*/

    PO.1 = 0;             /* P01=0 */
    PMO.1 = 0;            /* set P01 is output mode */
    CRC00 = 0x00;         /* CR010 operating mode : Operates as compare register */
    /* CR000 operating mode : Operates as compare register */
    /* CR000 capture trigger: Captures on valid edge of TIO10 */
    /* init low */

    TOC00 = 0x17;
    CRO00 = TM_TMO0_PPGCYCLE;
    CRO10 = TM_TMO0_PPGWIDTH20;
    TMIF010 = 0;          /* No interrupt request signal is generated */
    TMMK010 = 0;         /* Interrupt servicing enabled */
}

/*
-----
Abstract:
Start the timer00 counter
-----
*/
void TMO0_Start( void )
{
    TOC00 = 0x17;          /* init low */
    TMC00 = 0x0c;         /* Clear & start occurs on match between TMO0 and CRO00 */
}

/*
-----
Abstract:
TMO0 INTTMO10 interrupt service routine
-----
*/
__interrupt void MD_INTTMO10( void )
{
    /* control port level judge */
    if( P4.0 == 1 )
    {
        if( CRO10 == TM_TMO0_PPGWIDTH20 )
        {
            TMIF000 = 0;          /* No interrupt request signal is generated */
        }
    }
}

```

```

TOC00.4 = 0;          /* Disables inversion operation */
TMMK010 = 1;         /* Interrupt servicing disabled */
CR010 = TM_TMO0_PPGWIDTH50;

while( TMIF000 == 0 ); /* waiting for interrupt request */
TOC00.4 = 1;         /* Enables inversion operation */
TMIF010 = 0;         /* No interrupt request signal is generated */
TMMK010 = 0;         /* Interrupt servicing enabled */
}
}
else
{
if( CR010 == TM_TMO0_PPGWIDTH50 )
{
TMIF000 = 0;          /* No interrupt request signal is generated */
TOC00.4 = 0;         /* Disables inversion operation */
TMMK010 = 1;         /* Interrupt servicing disabled */
CR010 = TM_TMO0_PPGWIDTH20;

while( TMIF000 == 0 ); /* waiting for interrupt request */
TOC00.4 = 1;         /* Enables inversion operation */
TMIF010 = 0;         /* No interrupt request signal is generated */
TMMK010 = 0;         /* Interrupt servicing enabled */
}
}
}
}

```

アセンブリ言語ソース

```

;
;*****
;
; Title: PPG output waveform change by TM00
;
; Parameters: - fastest CPU clock (fx=10MHz)
;             - timer: 16-bit timer/event counter TM00
;             - timer count clock: fx (10MHz)
;             - output port: port 0.1 (P01/T000)
;             - PPG output 10kHz ( PPG duty cycle 20% ) when port 4.0 = 0
;             - PPG output 10kHz ( PPG duty cycle 50% ) when port 4.0 = 1
;*****
;

```

```

;-----
; Macro Define
;-----
;

```

```

TM_TM00_PPGCYCLE      EQU    03e7H
TM_TM00_PPGWIDTH20   EQU    00c7H
TM_TM00_PPGWIDTH50   EQU    01f3H

```

```

;-----
; Specify Interrupt Vectors
;-----
;

```

```

RESET_VECTOR  CSEG AT 0000h      ; On reset, go to Start
              DW      start
TM010_VECTOR  CSEG AT 0022h
              DW      MD_INTTM010

```

```

;-----
; Main Program
;-----
;

```

```

START          CSEG

start:
    SEL        RBO
    MOVW       SP, #0FE20h
    MOV        PCC, #00H          ; CPU clock: fx
    MOV        WDTM, #77H        ; Watchdog Timer Stop

; Waiting for oscillation stable time
start01:
    BT         OSTC.0, $start02
    BR         $start01

start02:
    SET1       MCMD              ; enable X1
; Waiting for X1 clock change
start03:
    BT         MCS, $start04
    BR         $start03

start04:
    SET1       PM4.0

    CALL       !TM00_Init        ; TM00 initialization function
    CALL       !TM00_Start      ; TM00 start function

    EI                          ; Master interruption permission

```

```

main:                                     ; Endless loop
    NOP
    BR    $main

;-----
; Functions Group
;-----

;-----
; Abstract:
; Initiate TMO0, select function and input parameter
; count clock selection, INT init
;-----
TMO0_Init:
    MOV    PRM00, #00H                ; internal count clock

    ;Timer00 PPG output function
    CLR1   PO.1
    CLR1   PM0.1

    MOV    CRC00, #00H
    MOV    TOC00, #17H                ; init low
    MOVW   CRO00, #TM_TMO0_PPGCYCLE
    MOVW   CR010, #TM_TMO0_PPGWIDTH20

    CLR1   TMIF010
    CLR1   TMMK010                    ; Interrupt servicing enabled

    RET

;-----
; Abstract:
; Start the timer00 counter
;-----
TMO0_Start:
    MOV    TOC00, #17H
    MOV    TMC00, #0CH                ; Clear & start occurs on match between TMO0 and CRO00

    RET

;-----
; Abstract:
; TMO0 INTTMO10 interrupt service routine
;-----
MD_INTTMO10:
    SEL    RB1

    BF     P4.0, $MD_INTTMO10_10
    MOVW   AX, CRO10
    CMPW   AX, #TM_TMO0_PPGWIDTH20
    BNZ    $MD_INTTMO10_END

    CLR1   TMIF000
    CLR1   TOC00.4                    ; Disables inversion operation
    SET1   TMMK010
    MOVW   CRO10, #TM_TMO0_PPGWIDTH50

MD_INTTMO10_01:
    BT     TMIF000, $MD_INTTMO10_02    ; waiting for interrupt request
    BR     $MD_INTTMO10_01

MD_INTTMO10_02:
    SET1   TOC00.4                    ; Enables inversion operation
    CLR1   TMIF010
    CLR1   TMMK010

```

```

BR      MD_INTTM010_END

MD_INTTM010_10:
MOVW   AX, CRO10
CMPW   AX, #TM_TMO0_PPGWIDTH50
BNZ    $MD_INTTM010_END

CLR1   TMIF000
CLR1   TOC00.4           ; Disables inversion operation
SET1   TMMK010
MOVW   CRO10, #TM_TMO0_PPGWIDTH20

MD_INTTM010_11:
BT     TMIF000, $MD_INTTM010_12   ; waiting for interrupt request
BR     $MD_INTTM010_11

MD_INTTM010_12:

SET1   TOC00.4           ; Enables inversion operation
CLR1   TMIF010
CLR1   TMMK010

MD_INTTM010_END:
RETI

END

```

3.3.4 パルス幅測定

ファイル名

Capture

- TM0_Capture.asm (アセンブリ言語ソース)
- TM0_Capture.c (C言語ソース)

説明

16ビット・タイマ/イベント・カウンタ00, 01[※]には, 次のような機能があります。

(1) インターバル・タイマ

あらかじめ設定した任意の時間間隔で割り込み要求を発生します。

(2) PPG出力

周波数と出力パルス幅を任意に設定できる矩形波を出力できます。

(3) パルス幅測定

外部から入力される信号のパルス幅を測定できます。

(4) 外部イベント・カウンタ

外部から入力される信号のパルス数を測定できます。

(5) 方形波出力

任意の周波数の方形波出力が可能です。

(6) ワンショット・パルス出力

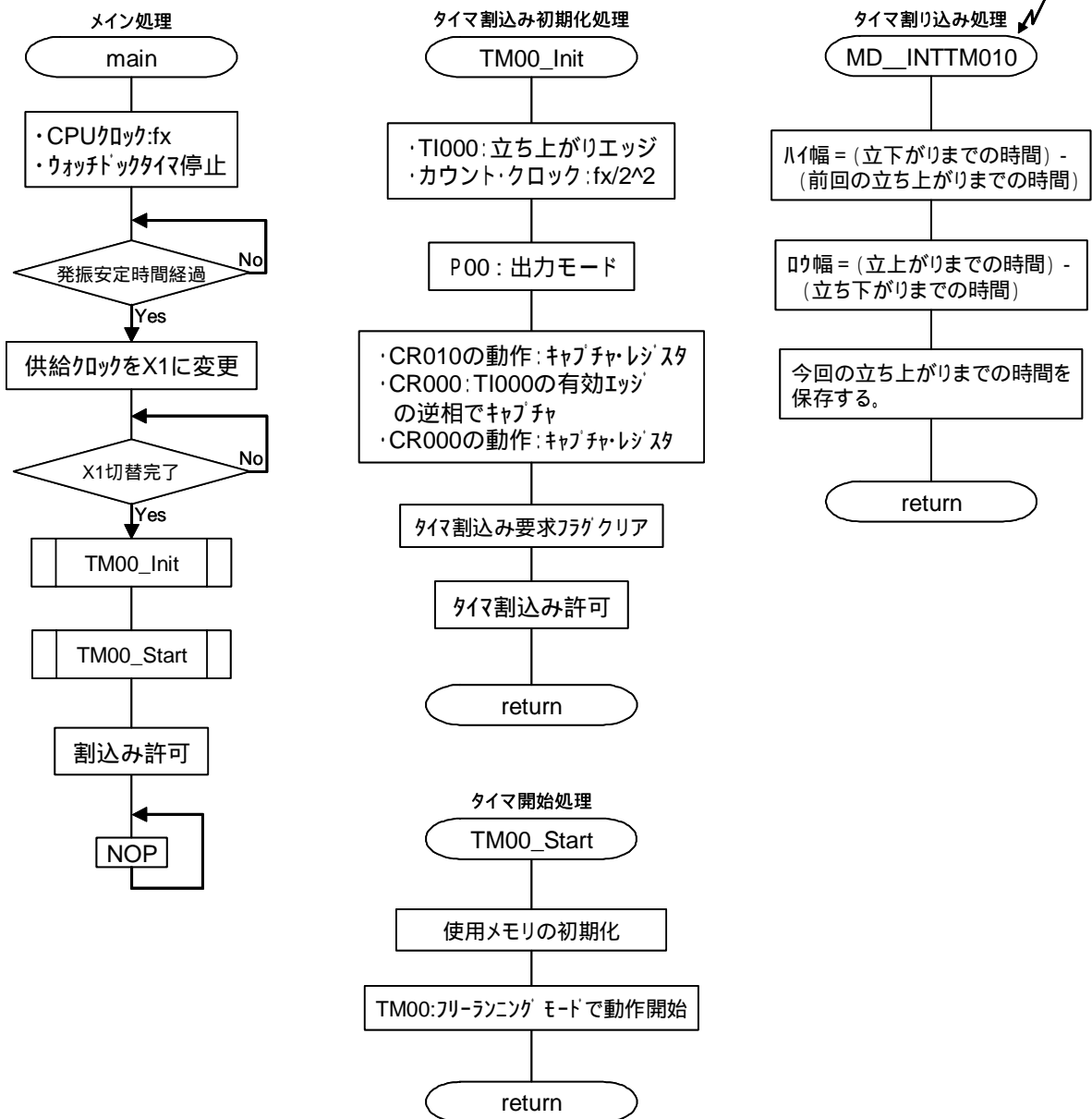
出力パルス幅を任意に設定できるワンショット・パルスを出力できます。

注 μPD780146, 780148, 78F0148のみ。

このプログラムは、P00/TI00 に入力される波形の各 High, Low 区間の幅を、割り込み処理内で測定し、データを格納します。そしてメイン処理は、出力設定後無限ループにします。CPU 供給クロックは、X1 入力クロック(10MHz)を選択します。

タイマへのカウントクロックは2.5MHzを選択しています。キャプチャ動作の有効エッジはP00/TI00の立ち上がりで、INTTM010 割り込みを使用しています。タイマの動作モードは、フリーランニング・モードを使用し、キャプチャレジスタは2個使用してパルスの High と Low の期間を計測しています。

フローチャート



C言語ソース

```
/*
*****
*
* Title: Pulse width measurement by TM00
*
* Parameters: - fastest CPU clock (fx=10MHz)
*             - timer: 16-bit timer/event counter TM00
*             - timer count clock: fx/4(2.5MHz)
*             - capture register: 16-bit register CR000
*             - capture trigger: rising edge on port 0.0 (P00/TI000)
*             - interrupt: rising edge on port 0.0 (P00/TI000)
*****
*/
#pragma sfr
#pragma NOP
#pragma EI

/*
-----
Specify Interrupt Vectors
-----
*/
#pragma interrupt INTTM010 MD_INTTM010

/*
-----
Constants/Variables
-----
*/

/*status list definition*/
#define TRUE 1
#define FALSE 0

/*Timer00, Timer01 pulse width measure*/
unsigned short tm00_pul_old_1;
unsigned short tm00_pos_width;
unsigned short tm00_neg_width;

void TM00_Init(void);
void TM00_Start( void );

/*
-----
Main Program
-----
*/

void main( void )
{
    PCC = 0x00;          /* CPU clock: fx */
    WDTM = 0x77;        /* Watchdog Timer Stop */

    /* Waiting for oscillation stable time */
    while( OSTC.0 == 0);
    MCM0 = 1;           /* supply clock: X1 */
    /* Waiting for X1 clock change */
    while( MCS == 0 );

    TM00_Init();        /* TM00 initialization function */
    TM00_Start();       /* TM00 start function */
}
```

```

EI();                /* Master interruption permission */

while(TRUE)         /* Endless loop */
{
    NOP();
}

/*
-----
Functions Group
-----
*/

/*
-----
Abstract:
Initiate TMO0, select founction and input parameter
count clock selection, INT init
-----
*/
void TMO0_Init( void )
{
    /*timer00 pulse measurement function*/

    PRM00 = 0x11;        /* count clock=systemclock/4 */
                        /* T1000 low->high edge capture */

    PM0.0 = 1;          /* set P00 is input mode */

    CRC00 = 0x7;        /* CR010 operating mode : Operates as capture register */
                        /* CR000 operating mode : Operates as capture register */
                        /* CR000 capture trigger: Captures on valid edge of T1000 by reverse phase */

    CR000 = 0x0;
    CR010 = 0x0;

    TMIF010 = 0;        /* No interrupt request signal is generated */
    TMMK010 = 0;        /* Interrupt servicing enabled */
}

/*
-----
Abstract:
Start the timer00 counter
-----
*/
void TMO0_Start( void )
{
    tm00_pul_old_1 = 0;
    tm00_pos_width = 0;
    tm00_neg_width = 0;

    TMC00 = 0x04;        /* Free-running mode */
}

/*
-----
Abstract:
TMO0 INTTMO10 interrupt service routine
-----
*/
__interrupt void MD_INTTMO10( void )
{
    /*pulse width calculation*/
    unsigned short tm00_pul_new_0 = (unsigned short)CR000;
    unsigned short tm00_pul_new_1 = (unsigned short)CR010;
}

```

```

unsigned char stat = TMC00;

OVFO0 = 0;          /* Overflow flag clear */

if(stat & 0x1){     /* overflow generated */
    if(tm00_pul_new_0 < tm00_pul_new_1){
        tm00_pos_width = (unsigned short)(((unsigned long)0x10000
            + (unsigned long)tm00_pul_new_0) - tm00_pul_old_1);
        tm00_neg_width = tm00_pul_new_1 - tm00_pul_new_0;
    }
    else{
        tm00_pos_width = tm00_pul_new_0 - tm00_pul_old_1;
        tm00_neg_width = (unsigned short)(((unsigned long)0x10000
            + (unsigned long)tm00_pul_new_1) - tm00_pul_new_0);
    }
}
else{
    tm00_pos_width = tm00_pul_new_0 - tm00_pul_old_1;
    tm00_neg_width = tm00_pul_new_1 - tm00_pul_new_0;
}

tm00_pul_old_1 = tm00_pul_new_1;
}

```

アセンブリ言語ソース

```

;
;*****
;
; Title: Pulse width measurement by TMO0
;
; Parameters: - fastest CPU clock (fx=10MHz)
;             - timer: 16-bit timer/event counter TMO0
;             - timer count clock: fx/4(2.5MHz)
;             - capture register: 16-bit register CR000
;             - capture trigger: rising edge on port 0.0 (P00/TI000)
;             - interrupt: rising edge on port 0.0 (P00/TI000)
;*****
;
;-----
; Macro Define
;-----
;
; DSEG
;
tm00_pul_old_1:    DS    2
tm00_pos_width:   DS    2
tm00_neg_width:   DS    2
;
;-----
; Specify Interrupt Vectors
;-----
;
RESET_VECTOR      CSEG AT 0000h          ; On reset, go to Start
                  DW      start
TMO10_VECTOR      CSEG AT 0022h
                  DW      MD_INTTMO10
;
;-----
; Main Program
;-----
START             CSEG
;
start:
    SEL    RBO
    MOVW   SP, #0FE20h
    MOV    PCC, #00H          ; CPU clock: fx
    MOV    WDTM, #77H        ; Watchdog Timer Stop

; Waiting for oscillation stable time
start01:
    BT     OSTC.0, $start02
    BR     $start01
start02:
    SET1   MCMO              ; enable X1
; Waiting for X1 clock change
start03:
    BT     MCS, $start04
    BR     $start03
start04:
    CALL   !TMO0_Init        ; TMO0 initialization function
    CALL   !TMO0_Start      ; TMO0 start function

main:
    EI                      ; Master interruption permission
; Endless loop
    NOP
    BR     $main

```

```

;-----
; Functions Group
;-----

```

```

;-----
; Abstract:
; Initiate TMO0, select founction and input parameter
; count clock selection, INT init
;-----

```

```

TMO0_Init:
;Timer00 pulse measurement function
MOV    PRM00, #11H          ; count clock=systemclock/4
                                ; TIO00 low->high edge capture

SET1   PM0.0

MOV    CRC00, #07H
MOVW   CR000, #0000H
MOVW   CR010, #0000H
CLR1   TMIF010             ; enable INTTMO10 interrupt
CLR1   TMMK010

RET

```

```

;-----
; Abstract:
; Start the timer00 counter
;-----

```

```

TMO0_Start:
MOVW   AX, #0000H
MOVW   !tm00_pul_ol_d_1, AX
MOVW   !tm00_pos_width, AX
MOVW   !tm00_neg_width, AX

MOV    TMC00, #04H         ; Free-running mode

RET

```

```

;-----
; Abstract:
; TMO0 INTTMO10 interrupt service routine
;-----

```

```

MD_INTTMO10:

SEL    RB1

MOVW   AX, CR010           ; Rising
MOVW   DE, AX
MOVW   AX, CR000           ; Falling
MOVW   BC, AX

; calculate pulse active interval: Falling(CR000) - Rising(Old)
XCH    A, X
SUB    A, !tm00_pul_ol_d_1+0
XCH    A, X
SUBC   A, !tm00_pul_ol_d_1+1
MOVW   !tm00_pos_width, AX

MOVW   AX, DE
MOVW   !tm00_pul_ol_d_1+0, AX

; calculate pulse inactive interval: Rising(CR010) - Falling(CR000)
XCH    A, X
SUB    A, C

```

```
XCH  A, X
SUBC A, B
MOVW !tm00_neg_width, AX

RETI
```

END

3.3.5 方形波出力

ファイル名

Square

- TM0_SquareWave.asm (アセンブリ言語ソース)
- TM0_SquareWave.c (C言語ソース)

説明

16ビット・タイマ/イベント・カウンタ00, 01[※]には, 次のような機能があります。

(1) インターバル・タイマ

あらかじめ設定した任意の時間間隔で割り込み要求を発生します。

(2) PPG出力

周波数と出力パルス幅を任意に設定できる矩形波を出力できます。

(3) パルス幅測定

外部から入力される信号のパルス幅を測定できます。

(4) 外部イベント・カウンタ

外部から入力される信号のパルス数を測定できます。

(5) 方形波出力

任意の周波数の方形波出力が可能です。

(6) ワンショット・パルス出力

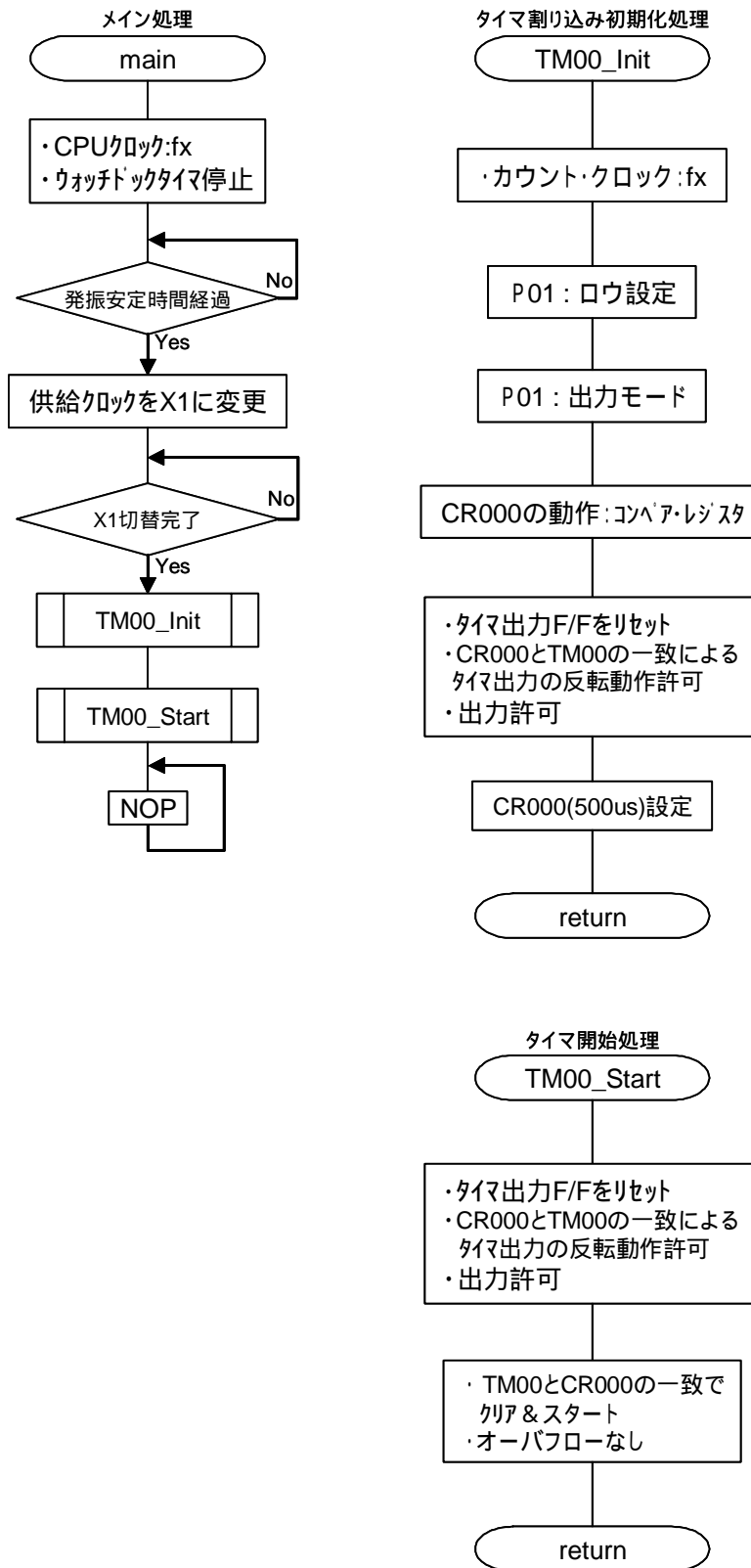
出力パルス幅を任意に設定できるワンショット・パルスを出力できます。

注 μPD780146, 780148, 78F0148のみ。

このプログラムは、方形波出力モードを使用し 500ms 毎に P01/TO00 からの出力を反転します。そしてメイン処理は、出力設定後無限ループにします。CPU 供給クロックは、X1 入力クロック(10MHz) を選択します。

初期設定としてタイマのカウントクロックに 10MHz を選択します。そして 16 ビット・タイマ・キャプチャ/コンペアレジスタ(CR000) は 4999 に設定されています。タイマの実行開始後、タイマカウンタ(TM00) が CR000 の値(500μs) と一致する毎に、P01/TO00 を反転させます。

フローチャート



C 言語ソース

```
/*
*****
*
* Title: Rectangle wave output by TMOO
*
* Parameters: - fastest CPU clock (fx=10MHz)
*             - timer: 16-bit timer/event counter TMOO
*             - timer count clock: fx (10 MHz)
*             - compare register value (CR000): 0x1387
*             - output port: port 0.1 (P01/T000)
*             - square wave output frequency: 2kHz (500us period)
*****
*/
#pragma sfr
#pragma NOP
#pragma EI

/*
-----
  Constants/Variables
-----
*/

#define TM_TMOO_SQUAREWIDTH 0x1387

/*status list definition*/
#define TRUE 1
#define FALSE 0

void TMOO_Init(void);
void TMOO_Start();

/*
-----
  Main Program
-----
*/

void main( void )
{
    PCC = 0x00;          /* CPU clock: fx */
    WDTM = 0x77;        /* Watchdog Timer Stop */

    /* Waiting for oscillation stable time */
    while( OSTC.0 == 0);
    MCMD = 1;           /* supply clock: X1 */
    /* Waiting for X1 clock change */
    while( MCS == 0 );

    TMOO_Init();        /* TMOO initialization function */
    TMOO_Start();       /* TMOO start function */

    while(TRUE)         /* Endless loop */
    {
        NOP();
    }
}

/*
-----
  Functions Group
-----
*/
```

*/

/*

Abstract:

Initiate TM00, select founction and input parameter
count clock selection, INT init

*/

void TM00_Init(void)

{

PRM00 = 0x00; /* internal count clock*/
/*timer00 squarewave output*/

PO.1 = 0; /* P01=0 */
PM0.1 = 0; /* set P01 is output mode */

CR000 = 0x00; /* CR010 operating mode : Operates as compare register */
/* CR000 operating mode : Operates as compare register */
/* CR000 capture trigger: Captures on valid edge of TI010 */

TOC00 = 0x7; /* init low */
CR000 = TM_TM00_SQUAREWIDTH;

}

/*

Abstract:

Start the timer00 counter

*/

void TM00_Start()

{

TOC00 = 0x7; /* init low */
TMC00 = 0x0c; /* Clear & start occurs on match between TM00 and CR000 */

}

アセンブリ言語ソース

```

;
;*****
;
; Title: Rectangle wave output by TMOO
;
; Parameters: - fastest CPU clock (fx=10MHz)
;             - timer: 16-bit timer/event counter TMOO
;             - timer count clock: fx (10 MHz)
;             - compare register value (CR000): 0x1387
;             - output port: port 0.1 (P01/T000)
;             - square wave output frequency: 2kHz (500us period)
;
;*****
;

```

```

;-----
; Macro Define
;-----
;

```

```

TM_TMOO_SQUAREWIDTH EQU 1387h

```

```

;-----
; Specify Interrupt Vectors
;-----
;

```

```

RESET_VECTOR CSEG AT 0000h ; On reset, go to Start
              DW start

```

```

;-----
; Main Program
;-----
;

```

```

START CSEG

```

```

start:

```

```

    SEL    RBO
    MOVW   SP, #0FE20h
    MOV    PCC, #00H ; CPU clock: fx
    MOV    WDTM, #77H ; Watchdog Timer Stop

```

```

; Waiting for oscillation stable time

```

```

start01:

```

```

    BT     OSTC.0, $start02
    BR     $start01

```

```

start02:

```

```

    SET1   MCMO ; enable X1

```

```

; Waiting for X1 clock change

```

```

start03:

```

```

    BT     MCS, $start04
    BR     $start03

```

```

start04:

```

```

    CALL   !TMOO_Init ; TMOO initialization function
    CALL   !TMOO_Start ; TMOO start function

```

```

main:

```

```

    NOP
    BR     $main ; Endless loop

```

```

;-----
; Functions Group
;-----
;

```

```
;-----  
; Abstract:  
;   Initiate TM00, select function and input parameter  
;   count clock selection, INT init  
;-----
```

```
TM00_Init:  
    MOV    PRM00, #00H           ; internal count clock  
  
    ;Timer00 square wave output function  
    CLR1   P0.1  
    CLR1   PM0.1  
  
    MOV    CRC00, #00H  
    MOV    TOC00, #07H           ; init low  
    MOVW   CR000, #TM_TM00_SQUAREWIDTH  
  
    RET
```

```
;-----  
; Abstract:  
;   Start the timer00 counter  
;-----
```

```
TM00_Start:  
    MOV    TOC00, #07H           ; init low  
    MOV    TMC00, #0CH           ; Clear & start occurs on match between TM00 and CR000  
  
    RET
```

```
END
```

3.3.6 ワンショット・パルス出力

ファイル名

OneShot

- TM0_Oneshot.asm (アセンブリ言語ソース)
- TM0_Oneshot.c (C言語ソース)

説明

16ビット・タイマ/イベント・カウンタ00, 01[※]には, 次のような機能があります。

(1) インターバル・タイマ

あらかじめ設定した任意の時間間隔で割り込み要求を発生します。

(2) PPG出力

周波数と出力パルス幅を任意に設定できる矩形波を出力できます。

(3) パルス幅測定

外部から入力される信号のパルス幅を測定できます。

(4) 外部イベント・カウンタ

外部から入力される信号のパルス数を測定できます。

(5) 方形波出力

任意の周波数の方形波出力が可能です。

(6) ワンショット・パルス出力

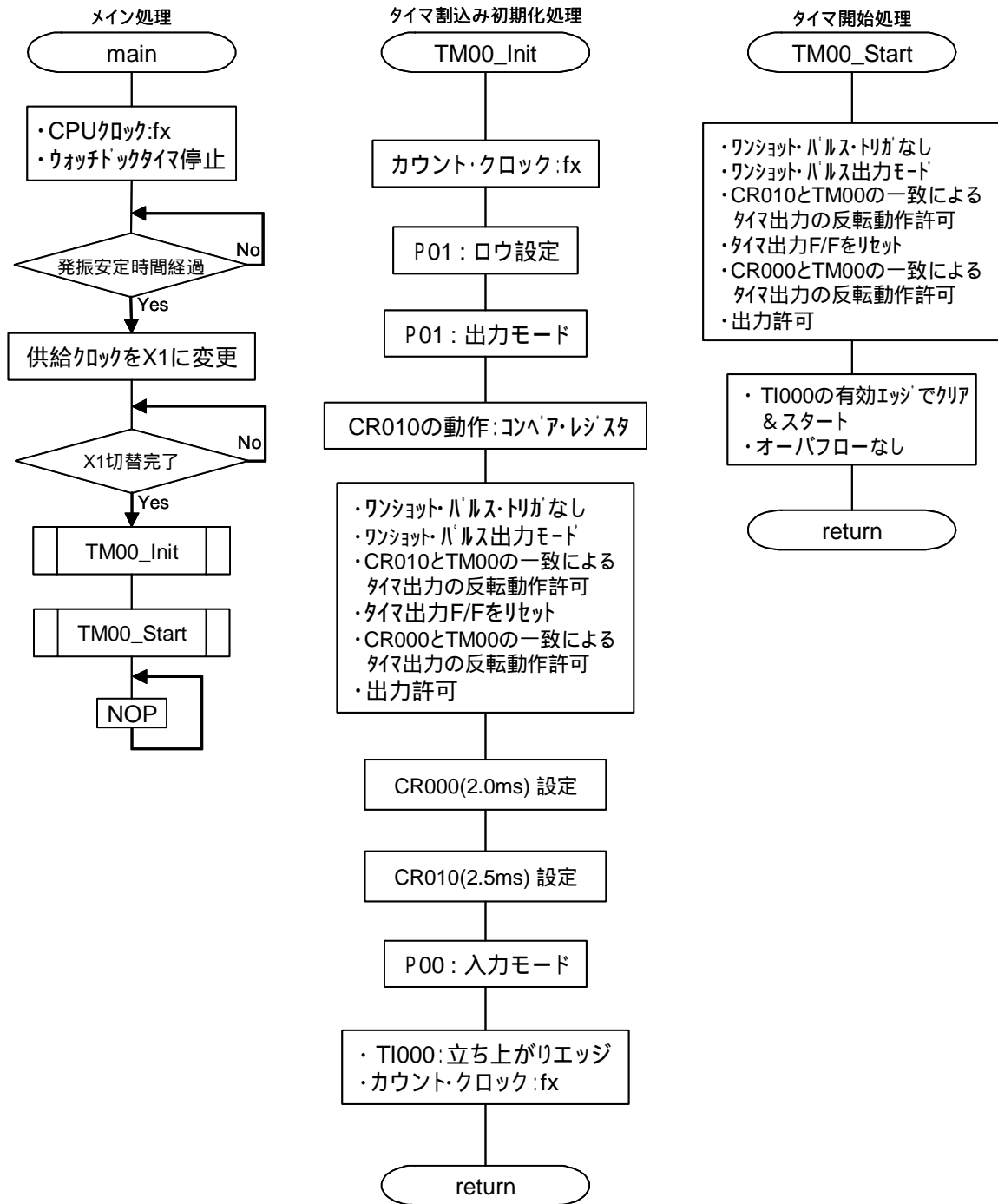
出力パルス幅を任意に設定できるワンショット・パルスを出力できます。

注 μPD780146, 780148, 78F0148のみ。

このプログラムは、P00/TI00の立ち上がりエッジ検出から、2ms経過後にP01/TO00より500μs幅のワンショット・パルスを出力します。そしてメイン処理は、出力設定後無限ループにします。CPU供給加ックは、X1入力加ック(10MHz)を選択します。

初期設定としてタイマのカウントクロックに10MHzを選択します。そして16ビット・タイマ・キャプチャ/コンペアレジスタ000(CR000)はパルス開始までの時間を決定し、19999までのカウントで2.0msの期間を作成しています。16ビット・タイマ・キャプチャ/コンペアレジスタ010(CR010)はパルスの終了を決定し、24999までのカウントで2.5msの期間を作成しています。タイマはP00/TIO00入力の立ち上がり検出にて、16ビット・タイマ・カウンタ00(TM00)のカウントをクリア&スタートします。そしてTM00とCR000が一致するとP0.1はアクティブになります。次にTM00とCR010が一致することでP01はインアクティブになります。

フローチャート



C 言語ソース

```
/*
*****
*
* Title: One shot pulse output by TMO0
*
* Parameters: - fastest CPU clock (fx=10MHz)
*             - timer: 16-bit timer/event counter TMO0
*             - timer count clock: fx (10 MHz)
*             - compare register value (CRO10): 0x61a7
*             - compare register value (CRO00): 0x4e1f
*             - pulse delay time: 2.0 ms
*             - pulse width: 0.5 ms
*             - output port: port 0.1
*             - input port: port 0.0 (positive edge)
*****
*/
#pragma sfr
#pragma NOP
#pragma EI

/*
-----
  Constants/Variables
-----
*/

#define TM_TMO0_ONESHOTCYCLE    0x61a7
#define TM_TMO0_ONEPULSEDELAY  0x4e1f

/*status list definition*/
#define TRUE                    1
#define FALSE                   0

void TMO0_Init(void);
void TMO0_Start();

/*
-----
  Main Program
-----
*/

void main( void )
{
    PCC = 0x00;           /* CPU clock: fx */
    WDTM = 0x77;         /* Watchdog Timer Stop */

    /* Waiting for oscillation stable time */
    while( OSTC.0 == 0);
    MCMD = 1;           /* supply clock: X1 */
    /* Waiting for X1 clock change */
    while( MCS == 0 );

    TMO0_Init();        /* TMO0 initialization function */
    TMO0_Start();       /* TMO0 start function */

    while(TRUE)         /* Endless loop */
    {
        NOP();
    }
}
```



```

}

/*
-----
  Functions Group
-----
*/

/*
-----
Abstract:
  Initiate TMO0, select founction and input parameter
  count clock selection, INT init
-----
*/
void TMO0_Init( void )
{
  PRMO0 = 0x00;          /* internal count clock */
  /*timer00 one shot pulse output*/

  PO.1 = 0;             /* P01=0 */
  PMO.1 = 0;           /* set P01 is output mode */
  CRO00 = 0x00;        /* CR010 operating mode : Operates as compare register */
                       /* CR000 operating mode : Operates as compare register */
                       /* CR000 capture trigger: Captures on valid edge of TI010 */
  TOC00 = 0x37;        /* Timer output F/F reset (0) */
                       /* Enables inversion operation/output */
                       /* One-shot pulse output mode */

  CRO00 = TM_TMO0_ONESHOTCYCLE;
  CRO10 = TM_TMO0_ONEPULSEDELAY;

  PMO.0 = 1;           /* set P00 is input mode */
  PRMO0 = 0x10;        /* timer00 input 0 rising edge */
}

/*
-----
Abstract:
  Start the timer00 counter
-----
*/
void TMO0_Start( void )
{
  TOC00 = 0x37;        /* Timer output F/F reset (0) */
                       /* Enables inversion operation/output */
                       /* One-shot pulse output mode */
  TMC00 = 0x08;        /* Clear & start occurs on TI001 valid edge */
}

```

アセンブリ言語ソース

```

;
;*****
;
; Title: One shot pulse output by TMOO
;
; Parameters: - fastest CPU clock (fx=10MHz)
;             - timer: 16-bit timer/event counter TMOO
;             - timer count clock: fx (10 MHz)
;             - compare register value (CRO10): 0x61a7
;             - compare register value (CRO00): 0x4e1f
;             - pulse delay time: 2.0 ms
;             - pulse width: 0.5 ms
;             - output port: port 0.1
;             - input port: port 0.0 (positive edge)
;*****
;
;-----
;
; Macro Define
;-----
;
TM_TMOO_ONESHOTCYCLE EQU 61a7h
TM_TMOO_ONEPULSEDELAY EQU 4e1fh
;
;-----
;
; Specify Interrupt Vectors
;-----
;
RESET_VECTOR CSEG AT 0000h ; On reset, go to Start
              DW start
;
;-----
;
; Main Program
;-----
;
START CSEG

start:
    SEL RBO
    MOVW SP, #0FE20h
    MOV PCC, #00H ; CPU clock: fx
    MOV WDTM, #77H ; Watchdog Timer Stop

; Waiting for oscillation stable time
start01:
    BT OSTC.0, $start02
    BR $start01
start02:
    SET1 MCMO ; enable X1
; Waiting for X1 clock change
start03:
    BT MCS, $start04
    BR $start03
start04:
    CALL !TMOO_Init ; TMOO initialization function
    CALL !TMOO_Start ; TMOO start function

main: ; Endless loop
    NOP
    BR $main

```

```
-----  
; Functions Group  
-----
```

```
-----  
; Abstract:  
; Initiate TM00, select function and input parameter  
; count clock selection, INT init  
-----
```

```
TM00_Init:  
  MOV    PRM00, #00H          ; internal count clock  
  
  ;Timer00 one shot pulse output  
  CLR1   PO.1  
  CLR1   PM0.1  
  
  MOV    CRC00, #00H  
  MOV    TOC00, #37H         ; One-shot pulse output mode  
  
  MOVW   CR000, #TM_TM00_ONESHOTCYCLE  
  MOVW   CR010, #TM_TM00_ONEPULSEDELAY  
  
  SET1   PM0.0  
  MOV    PRM00, #10H         ; Timer00 input 0 rising edge  
  
  RET
```

```
-----  
; Abstract:  
; Start the timer00 counter  
-----
```

```
TM00_Start:  
  MOV    TOC00, #37H  
  MOV    TMC00, #08H         ; Clear & start occurs on TI001 valid edge  
  
  RET
```

```
END
```

3.4 8ビット・タイマ/イベント・カウンタ50

3.4.1 インターバル・タイマ

ファイル名

Interval

- TM50_Interval.asm (アセンブリ言語ソース)
- TM50_Interval.c (C言語ソース)

説明

8ビット・タイマ/イベント・カウンタ50, 51は、次のような機能として使用できます。

(1) インターバル・タイマ

あらかじめ設定した任意の時間間隔で割り込み要求を発生します。

(2) 外部イベント・カウンタ

外部から入力される信号のパルス数を測定できます。

(3) 方形波出力

任意の周波数の方形波出力が可能です。

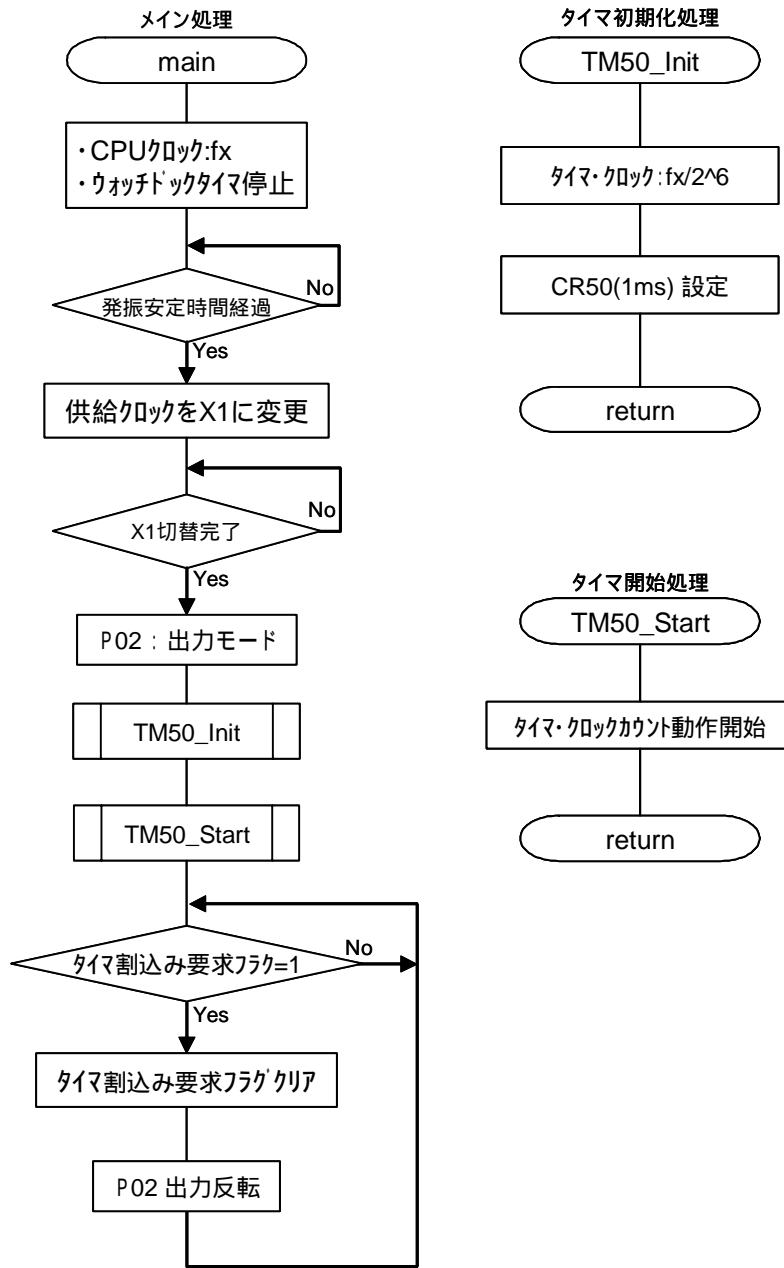
(4) PWM出力

出力パルス幅を任意に設定できる矩形波を出力できます。

このプログラムは、1ms 毎にインターバルモードにより INTTM50 を発生させます。そしてメイン処理にてフラグセンスにより 1ms 経過を判断し、P02 を反転出力します。CPU 供給クロックは、X1 入力クロック (10MHz) を選択します。

初期設定として、タイマのカウントクロックは 156.25kHz が選択され、かつコンペアレジスタ (CR50) は 155 に設定されます。タイマの動作開始後、タイマ・カウンタがコンペアレジスタの値 (1ms) と一致した時、タイマ割り込みの要求フラグ (TMIF50) がセットされます。メインループは、このタイマ割り込みのリクエストフラグがセットされたことを検知すると、P02 のレベルを反転出力させます。

フローチャート



C言語ソース

```
/*
*****
*
* Title: Interval timer by TM50
*
* Parameters: - fastest CPU clock (fx=10MHz)
*             - timer: 8-bit timer/event counter TM50
*             - timer count clock: fx/64(156.25KHz)
*             - compare register value (CR50): 0x9b
*             - interval time: 1.0 ms
*             - interrupt handling: polling of interrupt request flag (TMIF50)
*             - output port: port 0.2 (toggles every 1.0 ms)
*****
*/
#pragma sfr
#pragma NOP
#pragma EI

/*
-----
Constants/Variables
-----
*/

#define TM_TM50_CLOCK          0x5
#define TM_TM50_INTERVALVALUE 0x9b

/*status list definition*/
#define TRUE                   1
#define FALSE                   0

void TM50_Init(void);
void TM50_Start();

/*
-----
Main Program
-----
*/

void main( void )
{
    PCC = 0x00;          /* CPU clock: fx */
    WDTM = 0x77;        /* Watchdog Timer Stop */

    /* Waiting for oscillation stable time */
    while( OSTC.0 == 0);
    MCMO = 1;           /* supply clock: X1 */
    /* Waiting for X1 clock change */
    while( MCS == 0 );

    PM0.2 = 0;          /* set P02 is output mode */

    TM50_Init();        /* TM50 initialization function */
    TM50_Start();       /* TM50 start function */

    while(TRUE)         /* main loop */
    {
        /* Waiting for timer request flag */
        while( TMIF50 == 0 )
        {

```

```

        NOP();
    }
    TMIF50 = 0;          /* No interrupt request signal is generated */
    PO.2 ^= 1;         /* PO.2 output reversal */
}

/*
-----
  Functions Group
-----
*/

/*
-----
Abstract:
  Initiate TM50, select founction and input parameter
  count clock selection, INT init
-----
*/
void TM50_Init( void )
{
    TCL50 = TM_TM50_CLOCK;          /* internal count clock */

    /*timer50 interval*/

    CR50 = TM_TM50_INTERVALVALUE;
}

/*
-----
Abstract:
  Start the timer50 counter
-----
*/
void TM50_Start()
{
    /*timer50 interval*/
    TCE50 = 1;          /* Count operation start */
}

```

アセンブリ言語ソース

```

;
;*****
;
; Title: Interval timer by TM50
;
; Parameters: - fastest CPU clock (fx=10MHz)
;             - timer: 8-bit timer/event counter TM50
;             - timer count clock: fx/64(156.25KHz)
;             - compare register value (CR50): 0x9b
;             - interval time: 1.0 ms
;             - interrupt handling: polling of interrupt request flag (TMIF50)
;             - output port: port 0.2 (toggles every 1.0 ms)
;*****
;
;-----
; Macro Define
;-----
;
TM_TM50_CLOCK      EQU    05H
TM_TM50_INTERVALVALUE EQU    9BH
;
;-----
; Specify Interrupt Vectors
;-----
;
RESET_VECTOR      CSEG AT 0000h      ; On reset, go to Start
                  DW                start
;
;-----
; Main Program
;-----
START             CSEG

start:
    SEL    RBO
    MOVW  SP, #0FE20h
    MOV   PCC, #00H      ; CPU clock: fx
    MOV   WDTM, #77H    ; Watchdog Timer Stop

; Waiting for oscillation stable time
start01:
    BT    OSTC.0, $start02
    BR    $start01
start02:
    SET1  MCMO          ; enable X1
; Waiting for X1 clock change
start03:
    BT    MCS, $start04
    BR    $start03
start04:
    CLR1  PM0.2

    CALL  !TM50_Init    ; TM50 initialization function
    CALL  !TM50_Start   ; TM50 start function

main:
    BTCLR TMIF50, $main00
    NOP
    BR    $main

```



```

main00:
  MOV1  CY, P0.2
  NOT1  CY
  MOV1  P0.2, CY          ; P0.2 output reversal

  BR    $main

```

```

;-----
;      Functions Group
;-----

```

```

;-----
; Abstract:
;   Initiate TM50, select function and input parameter
;   count clock selection, INT init
;-----

```

```

TM50_Init:
  MOV   TCL50, #TM_TM50_CLOCK ; internal count clock
      ;Timer50 interval timer

  MOV   CR50, #TM_TM50_INTERVALVALUE

  RET

```

```

;-----
; Abstract:
;   Start the timer50 counter
;-----

```

```

TM50_Start:
  SET1  TCE50          ; Count operation start

  RET

```

```

END

```

3.4.2 方形波出力

ファイル名

Square

- TM50_SquareWave.asm (アセンブリ言語ソース)
- TM50_SquareWave.c (C言語ソース)

説明

8ビット・タイマ/イベント・カウンタ50, 51は、次のような機能として使用できます。

(1) インターバル・タイマ

あらかじめ設定した任意の時間間隔で割り込み要求を発生します。

(2) 外部イベント・カウンタ

外部から入力される信号のパルス数を測定できます。

(3) 方形波出力

任意の周波数の方形波出力が可能です。

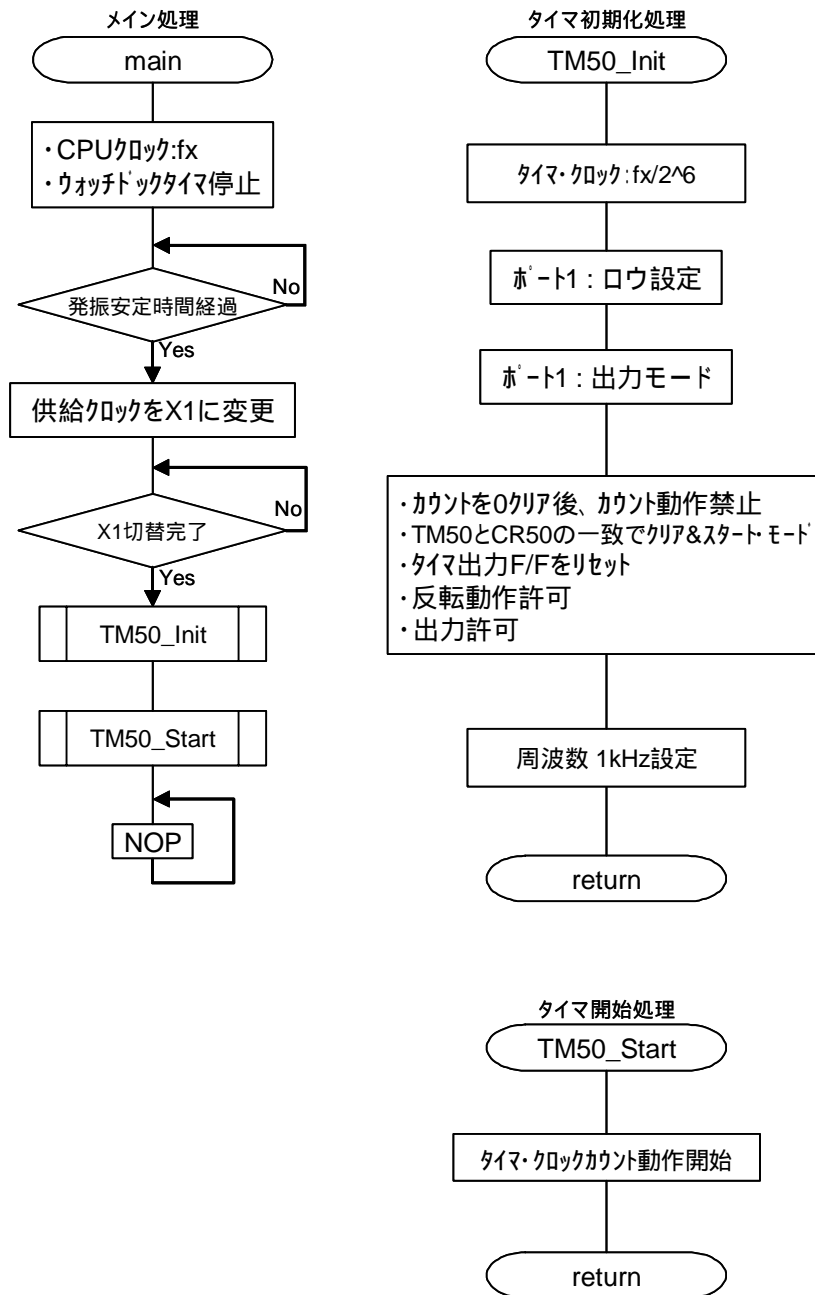
(4) PWM出力

出力パルス幅を任意に設定できる矩形波を出力できます。

このプログラムは、方形波出力モードを使用し 500ms 毎に P17/TO50 からの出力を反転します。そしてメイン処理は、出力設定後 無限ループにします。CPU 供給クロックは、X1 入力クロック(10MHz)を選択します。

初期設定として、タイマのカウントクロックは 156.25kHz を選択します。そして、コンペアレジスタ (CR50) は 77 に設定します。タイマの実行開始後、タイマカウンタがコンペアレジスタに設定された時間 (500 μ s) と一致した時、P17/TO50 が反転します。このオペレーションはプログラムからの介入なしに連続的に行われます。

フローチャート



C 言語ソース

```
/*
*****
*
* Title: Rectangle wave output by TM50
*
* Parameters: - fastest CPU clock (fx=10MHz)
*             - timer: 8-bit timer/event counter TM50
*             - timer count clock: fx/64(156.25KHz)
*             - compare register value (CR50): 0x4d
*             - output port: port 1.7 (P17/TC50)
*             - square wave output frequency: 1kHz (1ms period)
*****
*/
#pragma sfr
#pragma NOP
#pragma EI

/*
-----
  Constants/Variables
-----
*/

#define TM_TM50_CLOCK      0x5
#define TM_TM50_SQUAREWIDTH 0x4d

/*status list definition*/
#define TRUE              1
#define FALSE             0

void TM50_Init(void);
void TM50_Start();

/*
-----
  Main Program
-----
*/

void main( void )
{
    PCC = 0x00;          /* CPU clock: fx */
    WDTM = 0x77;        /* Watchdog Timer Stop */

    /* Waiting for oscillation stable time */
    while( OSTC.0 == 0);
    MCMO = 1;           /* supply clock: X1 */
    /* Waiting for X1 clock change */
    while( MCS == 0 );

    TM50_Init();        /* TM50 initialization function */
    TM50_Start();       /* TM50 start function */

    while(TRUE)        /* Endless loop */
    {
        NOP();
    }
}

/*
```

Functions Group

*/

/*

Abstract:

Initiate TM50, select function and input parameter
count clock selection, INT init

*/

void TM50_Init(void)

{

TCL50=TM_TM50_CLOCK; /* internal count clock */

/* timer50 square wave output */

P1 = 0x00; /* P1=0x00 */

PM1 = 0x00; /* T050 output */

TMC50 = 0x07; /* F/F reset */

/* F/F turn over enable */

CR50 = TM_TM50_SQUAREWIDTH;

}

/*

Abstract:

Start the timer50 counter

*/

void TM50_Start()

{

/* timer50 square wave output */

TCE50 = 1; /* Count operation start */

}

アセンブリ言語ソース

```

;
;*****
;
; Title: Rectangle wave output by TM50
;
; Parameters: - fastest CPU clock (fx=10MHz)
;             - timer: 8-bit timer/event counter TM50
;             - timer count clock: fx/64(156.25KHz)
;             - compare register value (CR50): 0x4d
;             - output port: port 1.7 (P17/T050)
;             - square wave output frequency: 2kHz (500us period)
;*****
;
;-----
;
; Macro Define
;-----
;
TM_TM50_CLOCK      EQU    05H
TM_TM50_SQUAREWIDTH EQU    4dH
;
;-----
;
; Specify Interrupt Vectors
;-----
;
RESET_VECTOR      CSEG AT 0000h      ; On reset, go to Start
                  DW      start
;
;-----
;
; Main Program
;-----
START             CSEG

start:
    SEL    RBO
    MOVW   SP, #0FE20h
    MOV    PCC, #00H      ; CPU clock: fx
    MOV    WDTM, #77H     ; Watchdog Timer Stop

; Waiting for oscillation stable time
start01:
    BT     OSTC.0, $start02
    BR    $start01

start02:
    SET1   MCMO           ; supply clock: X1
; Waiting for X1 clock change
start03:
    BT     MCS, $start04
    BR    $start03

start04:
    CALL   !TM50_Init     ; TM50 initialization function
    CALL   !TM50_Start    ; TM50 start function

main:
; Endless loop
    NOP
    BR    $main
;
;-----
;
; Functions Group
;-----

```

```

;-----
;
; Abstract:
;   Initiate TM50, select function and input parameter
;   count clock selection, INT init
;-----
TM50_Init:
    MOV    TCL50, #TM_TM50_CLOCK    ; internal count clock

    ;Timer50 square wave output function
    MOV    P1, #00H
    MOV    PM1, #00H
    MOV    TMC50, #07H              ; F/F turn over enable

    MOV    CR50, #TM_TM50_SQUAREWIDTH

    RET

;-----
; Abstract:
;   Start the timer50 counter
;-----
TM50_Start:
    SET1   TCE50                    ; Count operation start

    RET

END

```

3.4.3 PWM出力

ファイル名

PWM

- TM50_PWM.asm (アセンブリ言語ソース)
- TM50_PWM.c (C言語ソース)

説明

8ビット・タイマ/イベント・カウンタ50, 51は、次のような機能として使用できます。

(1) インターバル・タイマ

あらかじめ設定した任意の時間間隔で割り込み要求を発生します。

(2) 外部イベント・カウンタ

外部から入力される信号のパルス数を測定できます。

(3) 方形波出力

任意の周波数の方形波出力が可能です。

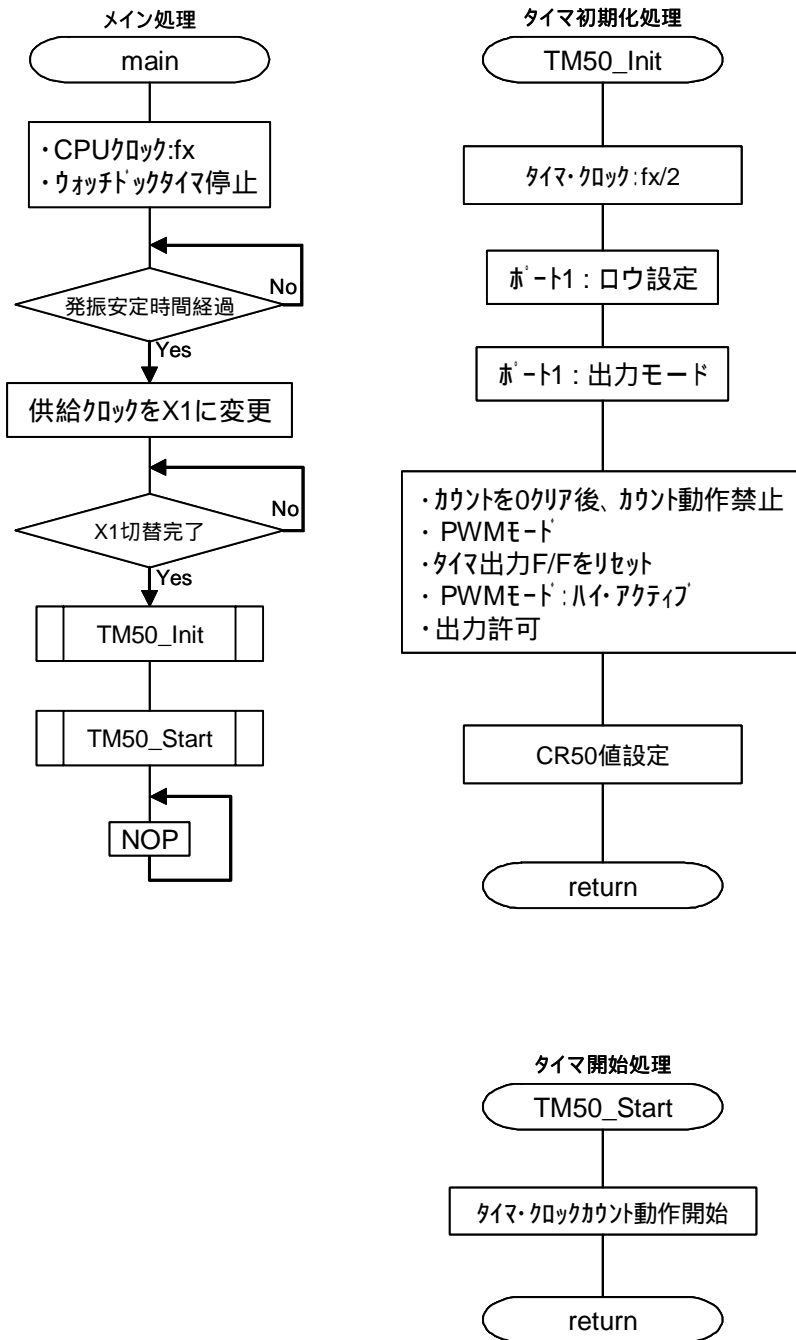
(4) PWM出力

出力パルス幅を任意に設定できる矩形波を出力できます。

このプログラムは、12.8 μ sのHigh期間[デューティ比25%]の波形を51.2 μ sの周期で繰り返し出力します。そしてメイン処理は、出力設定後無限ループにします。CPU供給クロックは、X1入力クロック(10MHz)を選択します。

初期設定としてタイマのカウントクロックは5MHzが選択されており51.2 μ sの周期になります。そしてコンペアレジスタ(CR50)はデューティ比を決定し、64までのカウントでデューティ比25%のパルスを作成しています。タイマが0からのスタート後、CR50と値が一致したとするとインアクティブ・レベルを出力します。その後もカウントは継続して進み、オーバーフローが発生した時点でアクティブレベルを出力します。このオペレーションはプログラムからの介入なしで、連続的に行われます。

フローチャート



C 言語ソース

```
/*
*****
*
* Title: PWM output by TM50
*
* Parameters: - fastest CPU clock (fx=10MHz)
*             - timer: 8-bit timer/event counter TM50
*             - timer count clock: fx/2(5MHz)
*             - compare register CR50 value: 0x40
*             - PWM period: 51.2us
*             - PWM duty-cycle: 25% (12.8us)
*             - output port: port 1.7 (P17/TO50)
*****
*/
#pragma sfr
#pragma NOP

/*
-----
  Constants/Variables
-----
*/

#define TM_TM50_CLOCK    0x3
#define TM_TM50_PWMACTIVEVALUE  0x40

/*status list definition*/
#define TRUE            1
#define FALSE          0

void TM50_Init(void);
void TM50_Start();

/*
-----
  Main Program
-----
*/

void main( void )
{
    PCC = 0x00;          /* CPU clock: fx */
    WDTM = 0x77;        /* Watchdog Timer Stop */

    /* Waiting for oscillation stable time */
    while( OSTC.0 == 0);
    MCM0 = 1;           /* supply clock: X1 */
    /* Waiting for X1 clock change */
    while( MCS == 0 );

    TM50_Init();        /* TM50 initialization function */
    TM50_Start();      /* TM50 start function */

    while(TRUE)        /* Endless loop */
    {
        NOP();
    }
}

/*
-----
  Functions Group
-----
*/
```

```

-----
*/
/*
-----
Abstract:
  Initiate TM50, select function and input parameter
  count clock selection, INT init
-----
*/
void TM50_Init( void )
{
  TCL50=TM_TM50_CLOCK;          /* internal count clock */

  /*timer50 PWM output*/

  P1 = 0x00;                    /* P1=0 */
  PM1 = 0x00;                  /* set P1 is output mode */

  TMC50 = 0x45;                /* PWM mode */
                                /* F/F reset */
                                /* high active */
                                /* timer output enable */

  CR50 = TM_TM50_PWMACTIVEVALUE;
}

/*
-----
Abstract:
  Start the timer50 counter
-----
*/
void TM50_Start( void )
{
  TCE50 = 1;                   /* Count operation start */
}

```

アセンブリ言語ソース

```

;
;*****
;
; Title: Rectangle wave output by TM50
;
; Parameters: - fastest CPU clock (fx=10MHz)
;             - timer: 8-bit timer/event counter TM50
;             - timer count clock: fx/2(5MHz)
;             - compare register value (CR50): 0x4d
;             - output port: port 1.7 (P17/TO50)
;             - square wave output frequency: 2kHz (500us period)
;*****
;
;-----
; Macro Define
;-----
TM_TM50_CLOCK      EQU    05H
TM_TM50_SQUAREWIDTH EQU    4dH
;
;-----
; Specify Interrupt Vectors
;-----
RESET_VECTOR      CSEG AT 0000h      ; On reset, go to Start
                  DW      start
;
;-----
; Main Program
;-----
START             CSEG

start:
    SEL    RBO
    MOVW   SP, #0FE20h
    MOV    PCC, #00H      ; CPU clock: fx
    MOV    WDTM, #77H     ; Watchdog Timer Stop

; Waiting for oscillation stable time
start01:
    BT     OSTC.0, $start02
    BR     $start01
start02:
    SET1   MCMO           ; supply clock: X1
; Waiting for X1 clock change
start03:
    BT     MCS, $start04
    BR     $start03
start04:
    CALL   !TM50_Init     ; TM50 initialization function
    CALL   !TM50_Start    ; TM50 start function

main:
; Endless loop
    NOP
    BR     $main
;
;-----
; Functions Group
;-----

```

```

;-----
;
; Abstract:
;   Initiate TM50, select function and input parameter
;   count clock selection, INT init
;-----
TM50_Init:
    MOV    TCL50, #TM_TM50_CLOCK    ; internal count clock

    ;Timer50 square wave output function
    MOV    P1, #00H
    MOV    PM1, #00H
    MOV    TMC50, #07H              ; F/F turn over enable

    MOV    CR50, #TM_TM50_SQUAREWIDTH

    RET

;-----
; Abstract:
;   Start the timer50 counter
;-----
TM50_Start:
    SET1   TCE50                    ; Count operation start

    RET

END

```

3.5 8ビット・タイマH0

3.5.1 PWM出力

ファイル名

PWM

- TMH0_PWM.asm (アセンブリ言語ソース)
- TMH0_PWM.c (C言語ソース)

説明

8ビット・タイマH0, H1には、次のような機能があります。

(1) 8ビット精度のインターバル・タイマ

あらかじめ設定した任意の時間間隔で割り込み要求を発生します。

(2) 8ビット精度のPWMパルス・ジェネレータ・モード

任意のデューティ及び周期が可能なパルスを出力できます。

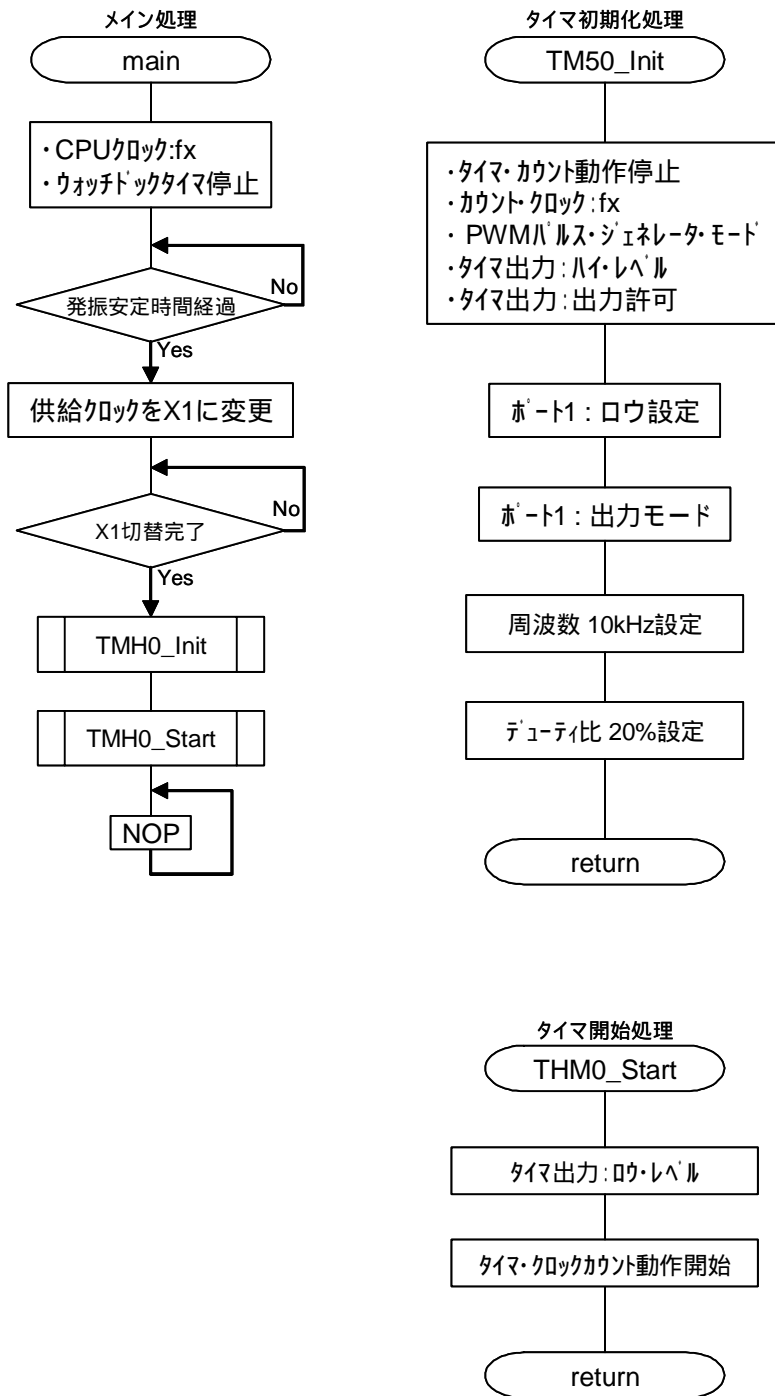
(3) 8ビット精度のキャリア・ジェネレータ・モード (8ビット・タイマH1のみ)

8ビット・タイマH1で生成されるキャリア・クロックを、8ビット・タイマ/イベント・カウンタ51で設定した周期で出力します。

このプログラムは、P15/TOH0より、10kHz(デューティ比20%)の波形を出力します。そしてメイン処理は、出力設定後無限ループにします。CPU供給クロックは、X1入力クロック(10MHz)を選択します。

初期設定としてタイマのカウントクロックは2.5MHzを選択します。そしてコンペアレジスタ(CMP00)は周波数を決定し、249までのカウントで100 μ s(10kHz)の時間を作成しています。コンペアレジスタ(CMP10)はデューティ比を決定し、199までのカウントで20 μ s(デューティ比20%)のアクティブ幅を作成しています。タイマが0からのスタート後、CMP10と一致するとインアクティブ・レベルを出力します。その後もカウントは継続して進み、CMP00と一致するとアクティブレベルを出力します。このオペレーションはプログラムからの介入なしに連続的に行われます。

フローチャート



C 言語ソース

```
/*
*****
*
* Title: PWM output by TMHO
*
* Parameters: - fastest CPU clock (fx=10MHz)
*             - timer: 8-bit timer/event counter TMHO
*             - timer count clock: fx/4(5MHz)
*             - compare register CMP00 value: 0xf9
*             - compare register CMP10 value: 0xc7
*             - PWM period: 100us
*             - PWM duty-cycle: 20% (20us)
*             - output port: port 1.5 (P15/TOHO)
*****
*/
#pragma sfr
#pragma NOP

/*
-----
Constants/Variables
-----
*/

#define TM_TMHO_CLOCK      0x2
#define TM_TMHO_PWMCYCLE  0xf9
#define TM_TMHO_PWMDelay  0xc7

/*status list definition*/
#define TRUE              1
#define FALSE            0

void TMHO_Init(void);
void TMHO_Start();

/*
-----
Main Program
-----
*/

void main( void )
{
    PCC = 0x00;          /* CPU clock: fx */
    WDTM = 0x77;        /* Watchdog Timer Stop */

    /* Waiting for oscillation stable time */
    while( OSTC.0 == 0);
    MCMO = 1;           /* supply clock: X1 */
    /* Waiting for X1 clock change */
    while( MCS == 0 );

    TMHO_Init();       /* TMHO initialization function */
    TMHO_Start();     /* TMHO start function */

    while(TRUE)       /* Endless loop */
    {
        NOP();
    }
}

/*
-----
```


Functions Group

```
-----  
*/  
/*  
-----  
Abstract:  
Initiate TMH0, select founction and input parameter  
count clock selection, INT init  
-----  
*/  
void TMH0_Init( void )  
{  
    TMHMD0 = (TM_TMHO_CLOCK<<4)+0x09; /* internal count clock */  
                                         /* PWM mode, enable output */  
    /*timerHO PWM output*/  
  
    P1 = 0x00; /* P1=0 */  
    PM1 = 0x00; /* set P1 is output mode */  
  
    CMP00 = TM_TMHO_PMMCYLE; /* cycle data set */  
    CMP10 = TM_TMHO_PPMDELAY; /* delay data set */  
}  
  
/*  
-----  
Abstract:  
Start the timerHO counter  
-----  
*/  
void TMH0_Start( void )  
{  
    TOLEVO = 0; /* Timer output level: Low */  
    TMHEO = 1; /* Enables timer count operation */  
}
```

アセンブリ言語ソース

```

;
;*****
;
; Title: PWM output by TMHO
;
; Parameters: - fastest CPU clock (fx=10MHz)
;             - timer: 8-bit timer/event counter TMHO
;             - timer count clock: fx/4(5MHz)
;             - compare register CMP00 value: 0xf9
;             - compare register CMP10 value: 0xc7
;             - PWM period: 100us
;             - PWM duty-cycle: 20% (20us)
;             - output port: port 1.5 (P15/TOHO)
;*****
;
;-----
; Macro Define
;-----
;
TM_TMHO_CLOCK      EQU      02H
TM_TMHO_PWMCYCLE   EQU      0F9H
TM_TMHO_PWMDelay   EQU      0C7H
;
;-----
; Specify Interrupt Vectors
;-----
;
RESET_VECTOR      CSEG AT 0000h      ; On reset, go to Start
                  DW      start
;
;-----
; Main Program
;-----
;
START             CSEG

start:
    SEL          RBO
    MOVW        SP, #0FE20h
    MOV         PCC, #00H           ; CPU clock: fx
    MOV         WDTM, #77H         ; Watchdog Timer Stop

; Waiting for oscillation stable time
start01:
    BT          OSTC.0, $start02
    BR          $start01

start02:
    SET1        MCMO                ; enable X1
; Waiting for X1 clock change
start03:
    BT          MCS, $start04
    BR          $start03

start04:
    CALL        !TMHO_Init          ; TMHO initialization function
    CALL        !TMHO_Start        ; TMHO start function

main:
; Endless loop
    NOP
    BR         $main

```

```
;-----  
;  
; Functions Group  
;-----
```

```
;-----  
; Abstract:  
; Initiate TMH0, select function and input parameter  
; count clock selection, INT init  
;-----
```

TMH0_Init:

```
MOV    A, #09H  
OR     A, #TM_TMHO_CLOCK SHL 4  
MOV    TMHMD0, A           ; internal count clock
```

;TimerH0 PWM output function

```
MOV    P1 ,#00H  
MOV    PM1 ,#00H
```

```
MOV    CMP00, #TM_TMHO_PWMCYCLE   ; cycle data set  
MOV    CMP10, #TM_TMHO_PWMDELAY   ; delay data set
```

RET

```
;-----  
; Abstract:  
; Start the timerH0 counter  
;-----
```

TMH0_Start:

```
CLR1   TOLEVO           ; Timer output level: Low  
SET1   TMHEO           ; Enables timer count operation
```

RET

END

3.6 時計用タイマ

ファイル名

- WatchTimer.asm (アセンブリ言語ソース)
- WatchTimer.c (C言語ソース)

説明

時計用タイマには、次のような機能があります。

(1) 時計用タイマ

X1入力クロックまたはサブシステム・クロックを使用し、一定の時間間隔ごとに、割り込み要求 (INTWT) を発生します。

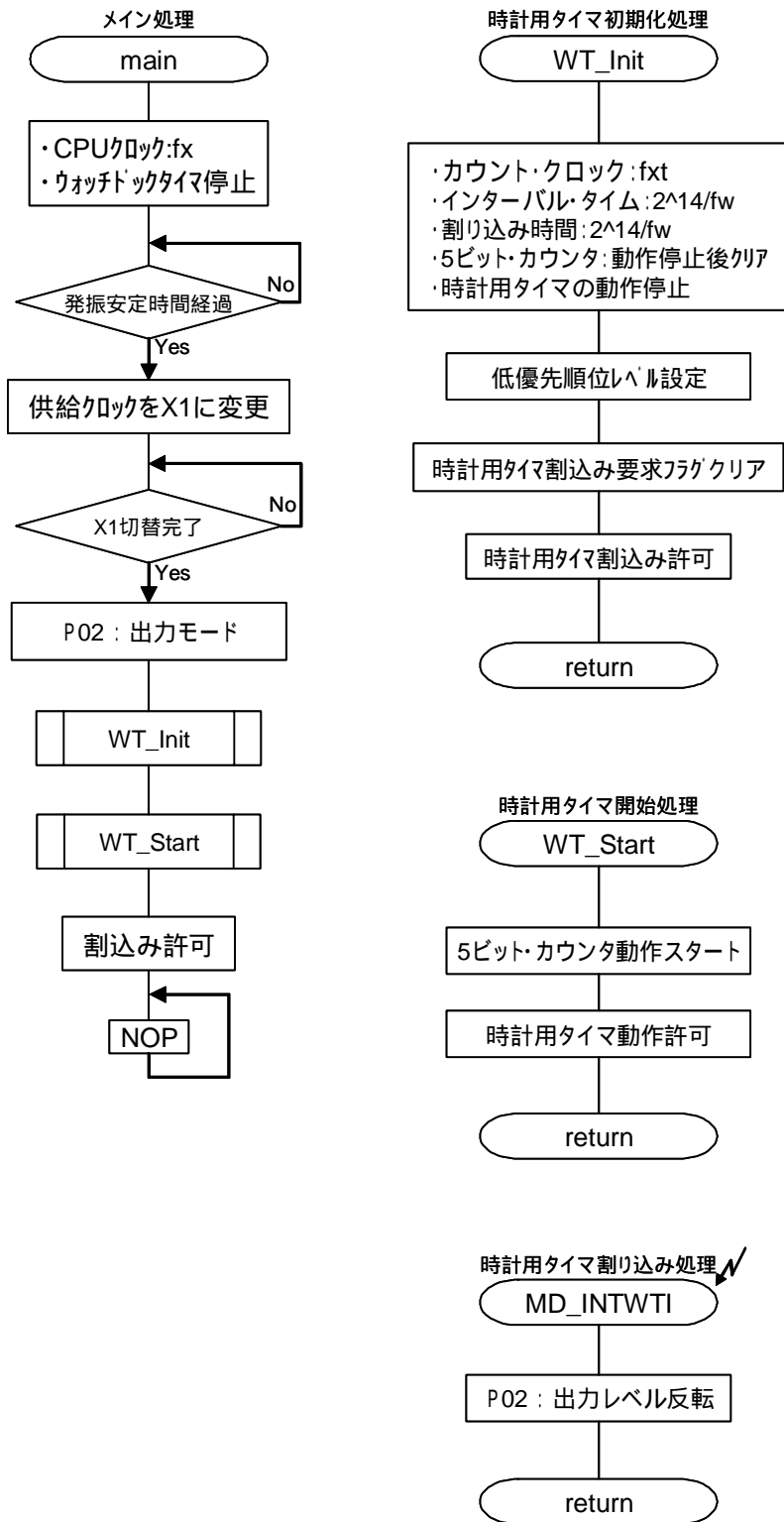
(2) インターバル・タイマ

あらかじめ設定したカウント値をインターバルとし、繰り返し割り込み要求 (INTWTI) を発生するインターバル・タイマとして動作します。

このプログラムは、0.5s 毎の時計タイマ割り込み処理内で、P02 を反転出力させます。そしてメイン処理は、出力設定後 無限ループにします。CPU 供給クロックは、X1 入力クロック(10MHz)を選択します。

初期設定としてタイマのカウントクロックには、サブクロックの 32.768kHz を選択します。そして時計用タイマを選択し、割り込み間隔は 0.5s に設定します。時計用タイマ動作開始後 0.5s 毎に発生する時計用タイマ割り込み (INTWT) 内にて、P02 の出力レベルを反転させます。

フローチャート



C言語ソース

```
/*
*****
*
* Title: Watch timer
*
* Parameters: - fastest CPU clock (fx=10MHz)
*             - subsystem clock 32.768kHz
*             - port 0.2 toggles every 0.5s
*****
*/
#pragma sfr
#pragma NOP
#pragma EI

/*
-----
Specify Interrupt Vectors
-----
*/
#pragma interrupt INTWT MD_INTWT

/*
-----
Constants/Variables
-----
*/

/*status list definition*/
#define TRUE 1
#define FALSE 0

void WT_Init(void);
void WT_Start( void );

/*
-----
Main Program
-----
*/

void main( void )
{
    PCC = 0x00;          /* CPU clock: fx */
    WDTM = 0x77;        /* Watchdog Timer Stop */

    /* Waiting for oscillation stable time */
    while( OSTC.0 == 0);
    MCMD = 1;          /* supply clock: X1 */
    /* Waiting for X1 clock change */
    while( MCS == 0 );

    PM0.2 = 0;         /* set P02 is output mode */

    WT_Init();         /* WT initialization function */
    WT_Start();        /* WT start function */

    EI();              /* Master interruption permission */

    while(TRUE)        /* Endless loop */
    {
        NOP();
    }
}
```

```

}

/*
-----
  Functions Group
-----
*/

/*
-----
Abstract:
  Initiate watch timer, select function and input parameter
  count clock selection, INT init
-----
*/
void WT_Init( void )
{
    WTM = 0x80;                /* Set watch timer clock:fw=fxt*/
                              /* watch timer flag setting:2^14/fw(0.5s)*/
                              /* Interval timer prescaler setting:2^4/fw*/

    /*INTWT enable*/
    WTPR = 1;                 /* Low priority level */
    WTIF = 0;                 /* No interrupt request signal is generated */
    WTMK = 0;                 /* Interrupt servicing enabled */
}

/*
-----
Abstract:
  Start the watch timer counter
-----
*/
void WT_Start( void )
{
    /* enable watch timer operation */
    /* start the 5-bit counter */
    WTM |= 0x03;
}

/*
-----
Abstract:
  INTWT interrupt service routine.
-----
*/
__interrupt void MD_INTWT( void )
{
    P0.2 ^= 1;                /* P0.2 output reversal */
}

```

アセンブリ言語ソース

```
;  
;*****  
; Title: Watch timer  
; Parameters: - fastest CPU clock (fx=10MHz)  
;             - subsystem clock 32.768kHz  
;             - port 0.2 toggles every 0.5s  
;*****  
;
```

```
-----  
; Macro Define  
-----
```

```
-----  
; Specify Interrupt Vectors  
-----
```

```
RESET_VECTOR  CSEG AT 0000h      ; On reset, go to Start  
              DW      start  
WT_VECTOR     CSEG AT 002Eh  
              DW      MD_INTWT
```

```
-----  
; Main Program  
-----
```

```
START        CSEG
```

```
start:  
    SEL      RBO  
    MOVW    SP, #0FE20h  
    MOV     PCC, #00H      ; CPU clock: fx  
    MOV     WDTM, #77H    ; Watchdog Timer Stop
```

```
; Waiting for oscillation stable time
```

```
start01:  
    BT      OSTC.0, $start02  
    BR     $start01
```

```
start02:  
    SET1   MCMO          ; enable X1
```

```
; Waiting for X1 clock change
```

```
start03:  
    BT      MCS, $start04  
    BR     $start03
```

```
start04:  
  
    CLR1   PM0.2  
  
    CALL   !WT_Init      ; WT initialization function  
    CALL   !WT_Start    ; WT start function  
  
    EI          ; Master interruption permission
```

```
main:          ; Endless loop  
    NOP  
    BR     $main
```

```
-----  
; Functions Group  
-----
```



```

-----
; Abstract:
;   Initiate watch timer, select founction and input parameter
;   count clock selection, INT init
-----
WT_Init:
    MOV     WTM, #80H           ; Set watch timer clock:fw=fxt
                                ; watch timer flag setting:2^14/fw
                                ; Interval timer prescaler setting:2^4/fw

                                ; INTWT enable
    SET1    WTPR               ; Low priority level
    CLR1    WTIF               ; No interrupt request signal is generated
    CLR1    WTMK               ; Interrupt servicing enabled

    RET

```

```

-----
; Abstract:
;   Start the watch timer counter
-----
WT_Start:
    ;enable watch timer operation
    ;start the 5-bit counter
    SET1    WTM1
    SET1    WTM0

    RET

```

```

-----
; Abstract:
;   INTWT interrupt service routine.
-----
MD_INTWT:
    MOV1    CY, P0.2
    NOT1    CY
    MOV1    P0.2, CY           ; P0.2 output reversal

    RETI

```

```

END

```

3.7 ウォッチドッグ・タイマ

ファイル名

- WatchdogTimer.asm (アセンブリ言語ソース)
- WatchdogTimer.c (C言語ソース)

説明

プログラムの暴走を検出します。暴走検出時、内部リセット信号 (WDTRES) を発生します。ウォッチドッグ・タイマによるリセットが発生した場合、リセット・コントロール・フラグ・レジスタ (RESF) のビット4 (WDTRF) がセット (1) されます。

このプログラムは、P10 の状態によって WDT の暴走検出時間およびクロック・ソースを下記に示すとおり切替えます。

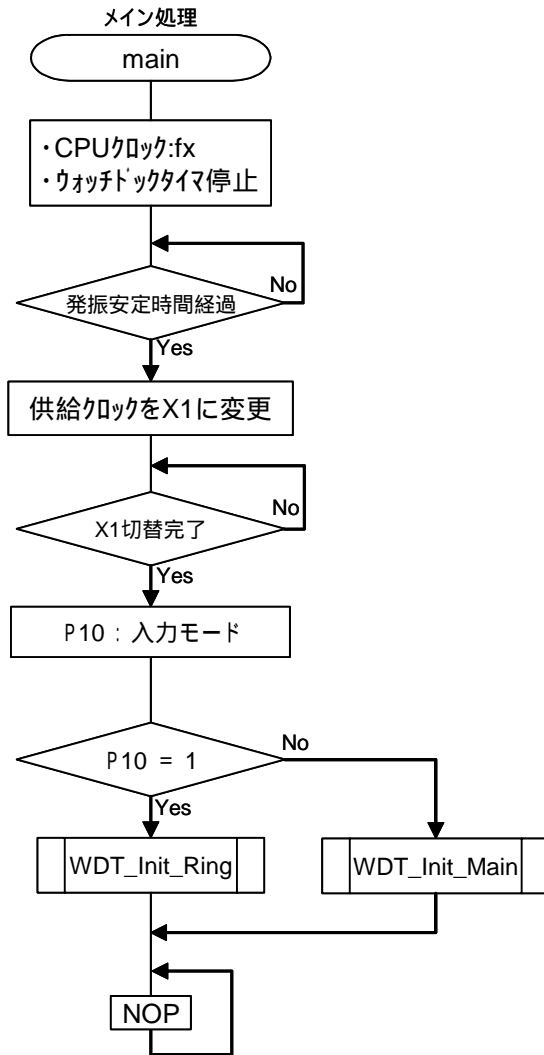
P10=High(1)の時、Ring-OSC 選択で 8.53ms に設定します

P10=Low(0)の時、メインクロック選択で 105ms に設定します

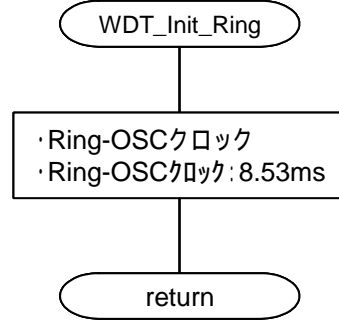
そしてメイン処理は、出力設定後 無限ループにします。CPU 供給クロックは、X1 入力クロック(10MHz)を選択します。

プログラムの起動前に P10 により予めウォッチドッグ・タイマのクロックを選択しておきます。プログラム起動後は、P10=1 の時は、Ring-OSC クロックにて動作させ暴走検出時間を 8.53ms に設定します。P10=0 の時は、メインクロックにて動作させ暴走検出時間を 104.86ms に設定します。そして暴走検出までの時間が経過すると、内部リセット信号 (WDTRES) が発生します。

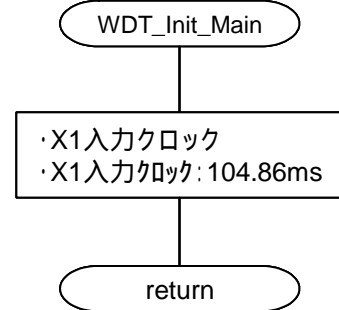
フローチャート



タイマ初期化処理 (Ring-OSCクロック動作)



タイマ初期化処理 (X1入力クロック動作)



C 言語ソース

```
/*
*****
*
* Title: Watchdog timer
*
* Parameters: - fastest CPU clock (fx=10MHz)
*             - Ring-OSC clock 240kHz
*             - port 1.0 input Hi:
*               non-maskable interrupt is generated every 8.53ms
*             - port 1.0 input Low:
*               non-maskable interrupt is generated every 104.86ms
*
*****
*/
#pragma sfr
#pragma NOP
#pragma EI

/*
-----
  Constants/Variables
-----
*/

/*status list definition*/
#define TRUE      1
#define FALSE    0

void WDT_Init_Ring(void);
void WDT_Init_Main( void );

/*
-----
  Main Program
-----
*/

void main( void )
{
    PCC = 0x00;                /* CPU clock: fx */

    /* Waiting for oscillation stable time */
    while( OSTC.0 == 0);
    MCMO = 1;                  /* supply clock: X1 */
    /* Waiting for X1 clock change */
    while( MCS == 0 );

    PM1.0 = 1;                 /* set P10 is input mode */

    /* control port level judge */
    if( P1.0 == 1)
    {
        WDT_Init_Ring();
    }
    else
    {
        WDT_Init_Main();
    }

    while(TRUE)                /* Endless loop */
    {
        NOP();
    }
}
```

```

}

/*
-----
  Functions Group
-----
*/

/*
-----
Abstract:
  Initiate watchdog timer, select function and input parameter
  count clock selection, INT init
-----
*/
void WDT_Init_Ring( void )
{
  WDTM = 0x60;          /* Ring-OSC clock 8.53ms */
}

void WDT_Init_Main( void )
{
  WDTM = 0x6f;          /* Main clock 104.86ms */
}

```

アセンブリ言語ソース

```

;
;*****
;
; Title: Watchdog timer
;
; Parameters: - fastest CPU clock (fx=10MHz)
;             - Ring-OSC clock 240kHz
;             - port 1.0 input Hi:
;               non-maskable interrupt is generated every 8.53ms
;             - port 1.0 input Low:
;               non-maskable interrupt is generated every 105ms
;
;*****
;

```

```

;-----
; Macro Define
;-----
;

```

```

;-----
; Specify Interrupt Vectors
;-----
;

```

```

RESET_VECTOR   CSEG AT 0000h           ; On reset, go to Start
                DW      start

```

```

;-----
; Main Program
;-----
;

```

```

START          CSEG

```

```

start:
    SEL        RBO
    MOVW       SP, #0FE20h
    MOV        PCC, #00H           ; CPU clock: fx

```

```

; Waiting for oscillation stable time

```

```

start01:
    BT         OSTC.0, $start02
    BR         $start01

```

```

start02:
    SET1       MCMO                ; enable X1

```

```

; Waiting for X1 clock change

```

```

start03:
    BT         MCS, $start04
    BR         $start03

```

```

start04:
    SET1       PM1.0

```

```

    BF         P1.0, $start10
    CALL       !WDT_Init_Ring
    BR         $main

```

```

start10:
    CALL       !WDT_Init_Main

```

```

main:
    NOP
    BR         $main           ; Endless loop

```

```

;-----

```

```

; Functions Group
;-----

;-----
; Abstract:
; Initiate watchdog timer, select founction and input parameter
; count clock selection, INT init
;-----
WDT_Init_Ring:
MOV    WDTM, #60H          ; Ring-OSC clock 8.53ms

RET

WDT_Init_Main:
MOV    WDTM, #6FH          ; Main clock 104.86ms

RET

END

```

3.8 クロック出力

3.8.1 クロック出力

ファイル名

Clock_out

- CLK_Clock.asm (アセンブリ言語ソース)
- CLK_Clock.c (C言語ソース)

説明

クロック出力はリモコン送信時のキャリア出力や周辺LSIに供給するクロックを出力する機能です。また、プザー出力はCKSで選択したプザー周波数の方形波を出力する機能です。

このプログラムは、P01 端子の状態により、P140/PCL からの出力を下記に示すように制御します。

P01 が High の時、P140/PCL から f_{XT} (32.768kHz)クロックを出力します。

P01 が Low の時、P140/PCL からのクロック出力を停止させます。

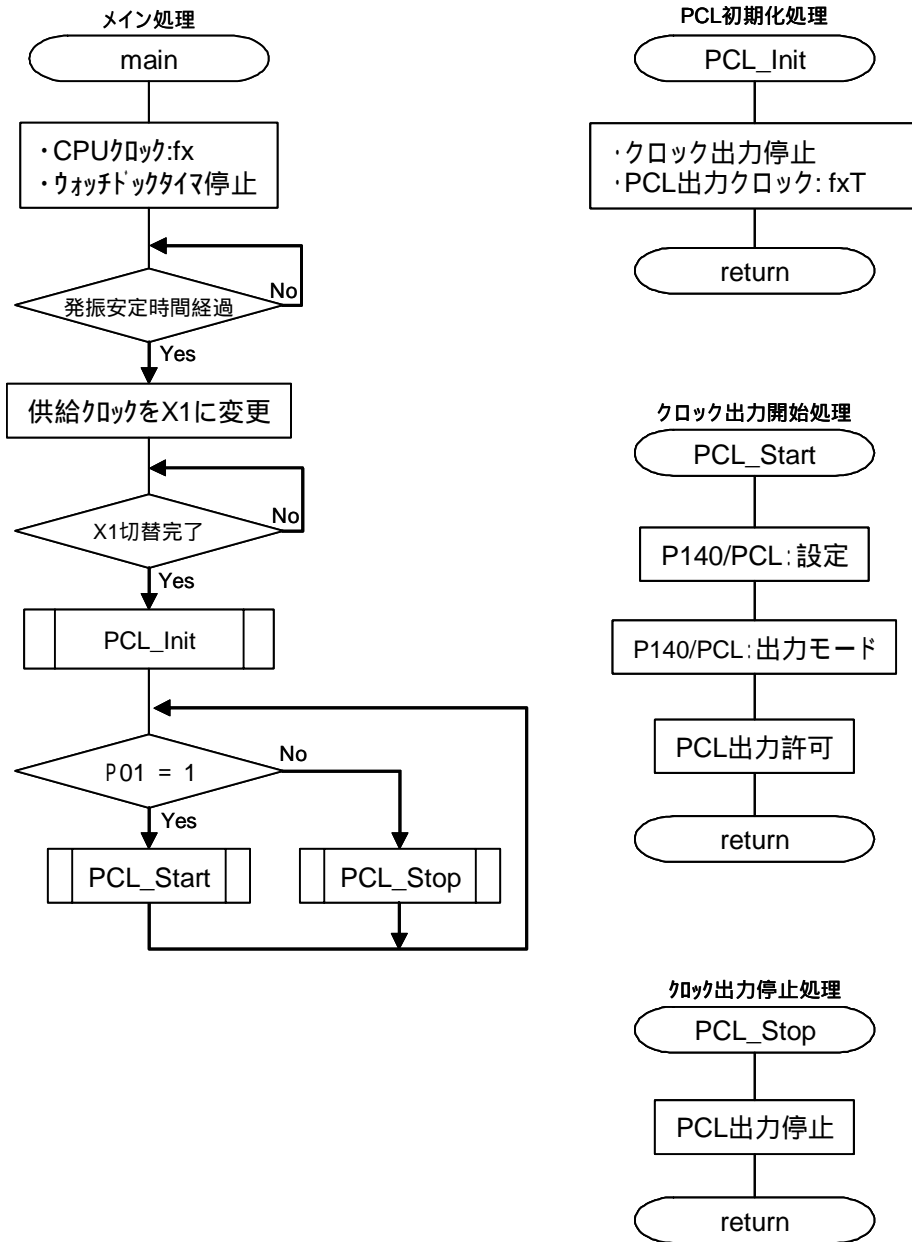
また、CPU 供給クロックは、X1 入力クロック(10MHz)を選択します。

クロック出力制御判断用に P01 の入力レベルを使用します。出力クロックはサブクロックを選択しておきます。プログラム動作後、P01 入力レベルにより下記動作をおこないます。

P01=0 の時、PCL 端子からのクロック出力が無効になり、Low 出力を行います。

P01=1 の時、PCL 端子から設定(32.768kHz)したクロックを出力します。

フローチャート



C 言語ソース

```
/*
*****
*
* Title: Clock output
*
* Parameters: - fastest CPU clock (fx=10MHz)
*             - port 14.0 outputs 32.768kHz subsystem clock when port 0.1 = 1
*             - port 14.0 outputs low level when port 0.1 = 0
*****
*/
#pragma sfr
#pragma NOP
#pragma EI

/*
-----
  Constants/Variables
-----
*/

/*status list definition*/
#define TRUE      1
#define FALSE    0

void PCL_Init( void );
void PCL_Start( void );
void PCL_Stop( void );

/*
-----
  Main Program
-----
*/
void main( void )
{
    PCC = 0x00;          /* CPU clock: fx */
    WDTM = 0x77;        /* Watchdog Timer Stop */

    /* Waiting for oscillation stable time */
    while( OSTC.0 == 0);
    MCMD = 1;           /* supply clock: X1 */
    /* Waiting for X1 clock change */
    while( MCS == 0 );

    PCL_Init();         /* PCL initialization function */

    while(TRUE)         /* main loop */
    {
        /* Control port level judge */
        if( PO.1 == 1 ){
            PCL_Start(); /* PCL Start function */
        }
        else{
            PCL_Stop();  /* PCL Stop function */
        }
    }
}

/*
-----
  Functions Group
-----
*/
```

```

*/
/*
-----
Abstract:
  This function initializes the Clock output/Buzzer output controller.
  Initial Clock output function according to the configuration setting .
-----
*/
void PCL_Init( void )
{
    CKS = 0x08;          /* stop PCL */
                       /* fxt */
}

/*
-----
Abstract:
  This function enable clock output operation .
-----
*/
void PCL_Start( void )
{
    P14.0 = 0;          /* P140=0 */
    PM14.0 = 0;        /* set p140 is output mode */

    CLOE = 1;          /* enable PCL */
}

/*
-----
Abstract:
  This function disable clock output operation .
-----
*/
void PCL_Stop( void )
{
    CLOE = 0;          /* disable PCL */
}

```

アセンブリ言語ソース

```

;
;*****
;
; Title: Clock output
;
; Parameters: - fastest CPU clock (fx=10MHz)
;             - port 14.0 outputs 32.768kHz subsystem clock when port 0.1 = 1
;             - port 14.0 outputs low level when port 0.1 = 0
;
;*****
;

```

```

;-----
; Specify Interrupt Vectors
;-----
;

```

```

RESET_VECTOR   CSEG AT 0000h           ;On reset, go to Start
                DW      start

```

```

;-----
; Main Program
;-----
;

```

```

START          CSEG

```

```

start:
    SEL        RB0
    MOVW       SP, #0FE20h
    MOV        PCC, #00H           ; CPU clock: fx
    MOV        WDTM, #77H         ; Watchdog Timer Stop

```

```

; Waiting for oscillation stable time

```

```

start01:
    BT         OSTC.0, $start02
    BR         $start01

```

```

start02:
    SET1       MCMO                ; enable X1

```

```

; Waiting for X1 clock change

```

```

start03:
    BT         MCS, $start04
    BR         $start03

```

```

start04:
    CALL       !PCL_Init           ; PCL initialization function

```

```

main:
    BF         PO.1, $main01       ; main loop
    CALL       !PCL_Start         ; PCL Start function
    BR         $main

```

```

main01:
    CALL       !PCL_Stop          ; PCL Stop function
    BR         $main

```

```

;-----
; Functions Group
;-----
;

```

```

;-----
; Abstract:
; This function initializes the Clock output/Buzzer output controller.
; Initial Clock output function according to the configuration setting .
;-----

```

```

PCL_Init:

```

```

MOV    CKS, #08H          ; stop PCL
                          ; fxt
RET

;-----
; Abstract:
; This function enable clock output operation .
;-----
PCL_Start:
CLR1   P14.0              ; P140=0
CLR1   PM14.0            ; set p140 is output mode
SET1   CLOE              ; enable PCL

RET

;-----
; Abstract:
; This function disable clock output operation .
;-----
PCL_Stop:
CLR1   CLOE              ; disable PCL

RET

END

```

3.8.2 ブザー出力

ファイル名

Buzzer_out

- CLK_Buzzer.asm (アセンブリ言語ソース)
- CLK_Buzzer.c (C言語ソース)

説明

クロック出力はリモコン送信時のキャリア出力や周辺LSIに供給するクロックを出力する機能です。また、ブザー出力はCKSで選択したブザー周波数の方形波を出力する機能です。

このプログラムは、P01端子の状態により、P141/BUZからの出力を下記に示すように制御します。

P01がHighの時、P141/BUZからfx(2.44kHz)のクロックを出力します。

P01がLowの時、P141/BUZからのクロック出力を停止させます。

また、CPU供給クロックは、X1入力クロック(10MHz)を選択します。

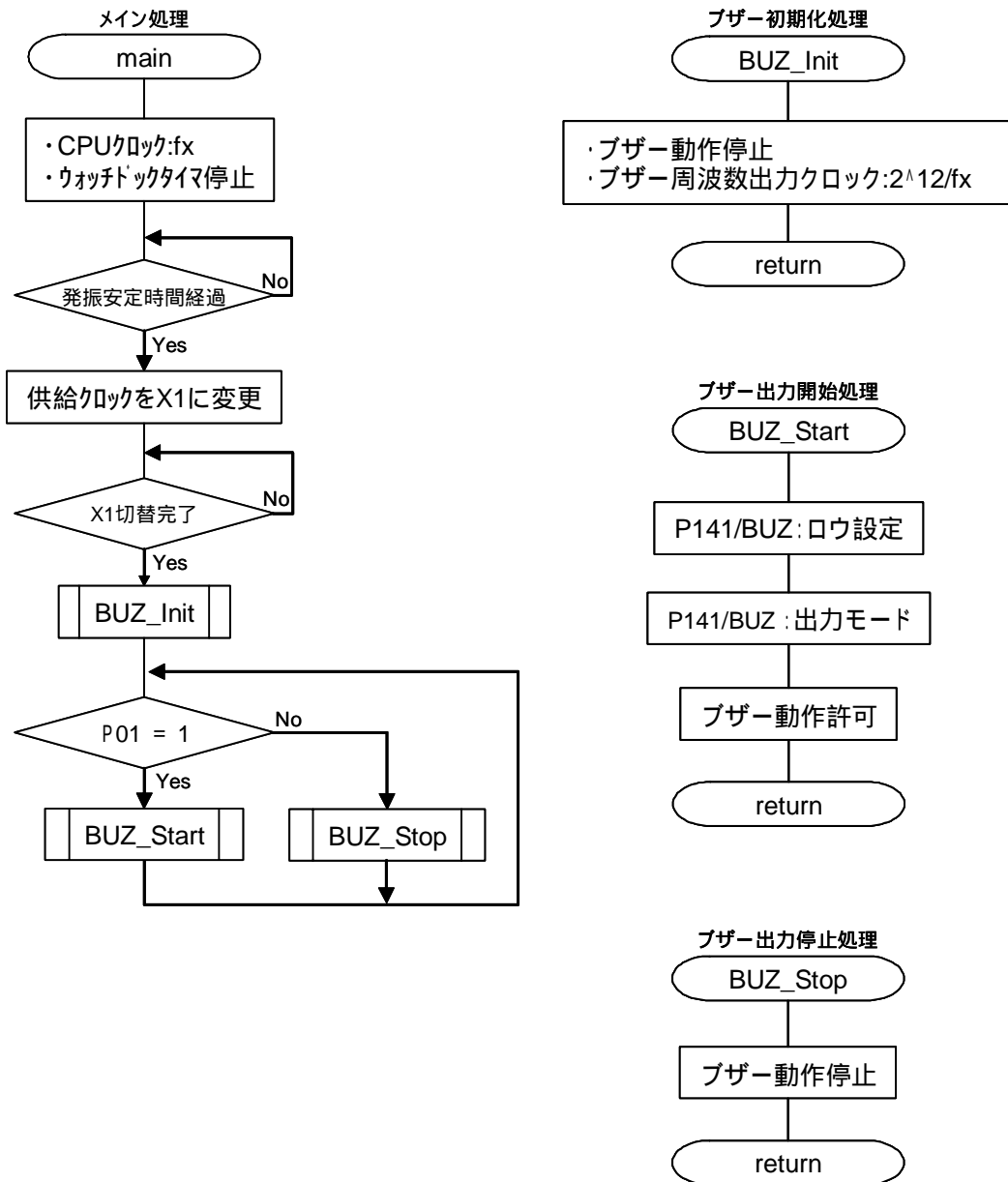
ブザー出力制御判断用にP01の入力レベルを使用します。出力クロックは2.44kHzを選択しておきます。

プログラム動作後、P01入力レベルにより下記動作をおこないます。

P01=0の時、BUZ端子からのクロック出力が無効になり、Low出力を行います。

P01=1の時、BUZ端子から設定(2.44kHz)したクロックを出力します。

フローチャート



C 言語ソース

```
/*
*****
*
* Title: Buzzer output
*
* Parameters: - fastest CPU clock (fx=10MHz)
*             - port 14.1 outputs 2.44kHz subsystem clock when port 0.1 = 1
*             - port 14.1 outputs low level when port 0.1 = 0
*****
*/
#pragma sfr
#pragma NOP
#pragma EI

/*
-----
  Constants/Variables
-----
*/

/*status list definition*/
#define TRUE      1
#define FALSE    0

void BUZ_Init( void );
void BUZ_Start( void );
void BUZ_Stop( void );

/*
-----
  Main Program
-----
*/

void main( void )
{
    PCC = 0x00;          /* CPU clock: fx */
    WDTM = 0x77;        /* Watchdog Timer Stop */

    /* Waiting for oscillation stable time */
    while( OSTC.0 == 0);
    MCMO = 1;           /* supply clock: X1 */
    /* Waiting for X1 clock change */
    while( MCS == 0 );

    BUZ_Init();         /* Buzzer initialization function */

    while(TRUE)         /* main loop */
    {
        /* control port level judge */
        if( PO.1 == 1 ){
            BUZ_Start(); /* Buzzer Start function */
        }
        else{
            BUZ_Stop();  /* Buzzer Stop function */
        }
    }
}

/*
-----
  Functions Group
-----
*/
```



```

-----
*/
/*
-----
Abstract:
  This function initializes the Clock output/Buzzer output controller.
  Initial BUZ function according to the configuration setting .
-----
*/
void BUZ_Init( void )
{
  CKS = 0x40;          /* stop buzzer */
                      /* fx/2^12 */
}
/*
-----
Abstract:
  This function enable Buzzer operation .
-----
*/
void BUZ_Start( void )
{
  P14.1 = 0;          /* P141=0 */
  PM14.1 = 0;        /* set p141 is output mode */
  BZOE = 1;          /* enable buzzer */
}
/*
-----
Abstract:
  This function disable Buzzer operation .
-----
*/
void BUZ_Stop( void )
{
  BZOE = 0;          /* disable buzzer */
}

```

アセンブリ言語ソース

```

;
;*****
;
; Title: Buzzer output
;
; Parameters: - fastest CPU clock (fx=10MHz)
;             - port 14.1 outputs 2.44kHz subsystem clock when port 0.1 = 1
;             - port 14.1 outputs low level when port 0.1 = 0
;
;*****
;

```

```

-----
;
; Specify Interrupt Vectors
;
-----

```

```

RESET_VECTOR   CSEG AT 0000h           ;On reset, go to Start
                DW      start

```

```

-----
;
; Main Program
;
-----

```

```

START          CSEG

```

```

start:

```

```

    SEL        RBO
    MOVW       SP, #0FE20h
    MOV        PCC, #00H           ; CPU clock: fx
    MOV        WDTM, #77H         ; Watchdog Timer Stop

```

```

; Waiting for oscillation stable time

```

```

start01:

```

```

    BT         OSTC.0, $start02
    BR         $start01

```

```

start02:

```

```

    SET1       MCMO               ; enable X1

```

```

; Waiting for X1 clock change

```

```

start03:

```

```

    BT         MCS, $start04
    BR         $start03

```

```

start04:

```

```

    CALL       !BUZ_Init          ; Buzzer initialization function

```

```

main:

```

```

    BF         PO.1, $main01      ; main loop
    CALL       !BUZ_Start         ; control port level judge
    BR         $main              ; Buzzer Start

```

```

main01:

```

```

    CALL       !BUZ_Stop          ; Buzzer Stop
    BR         $main

```

```

-----
;
; Functions Group
;
-----

```

```

-----
;
; Abstract:
; This function initializes the Clock output/Buzzer output controller.
; Initial BUZ function according to the configuration setting .
;
-----

```

```

BUZ_Init:

```

```

MOV    CKS, #40H           ;stop buzzer
RET

;-----
; Abstract:
; This function enable Buzzer operation .
;-----
BUZ_Start:
CLR1   P14.1
CLR1   PM14.1
SET1   BZOE                ;enable buzzer

RET

;-----
; Abstract:
; This function disable Buzzer operation .
;-----
BUZ_Stop:
CLR1   BZOE                ;disable buzzer

RET

END

```

3.9 A/Dコンバータ

3.9.1 ソフト・トリガ

ファイル名

Soft

- AD_Soft.asm (アセンブリ言語ソース)
- AD_Soft.c (C言語ソース)

説明

A/Dコンバータは、アナログ入力をデジタル値に変換する10ビット分解能のコンバータで、最大8チャンネル (AN10-AN17) のアナログ入力を制御できる構成になっています。

A/Dコンバータには、次のような機能があります。

(1) 10ビット分解能A/D変換

アナログ入力をAN10-AN17から1チャンネル選択し、10ビット分解能のA/D変換動作を繰り返します。A/D変換を1回終了するたびに、割込み要求 (INTAD) を発生します。

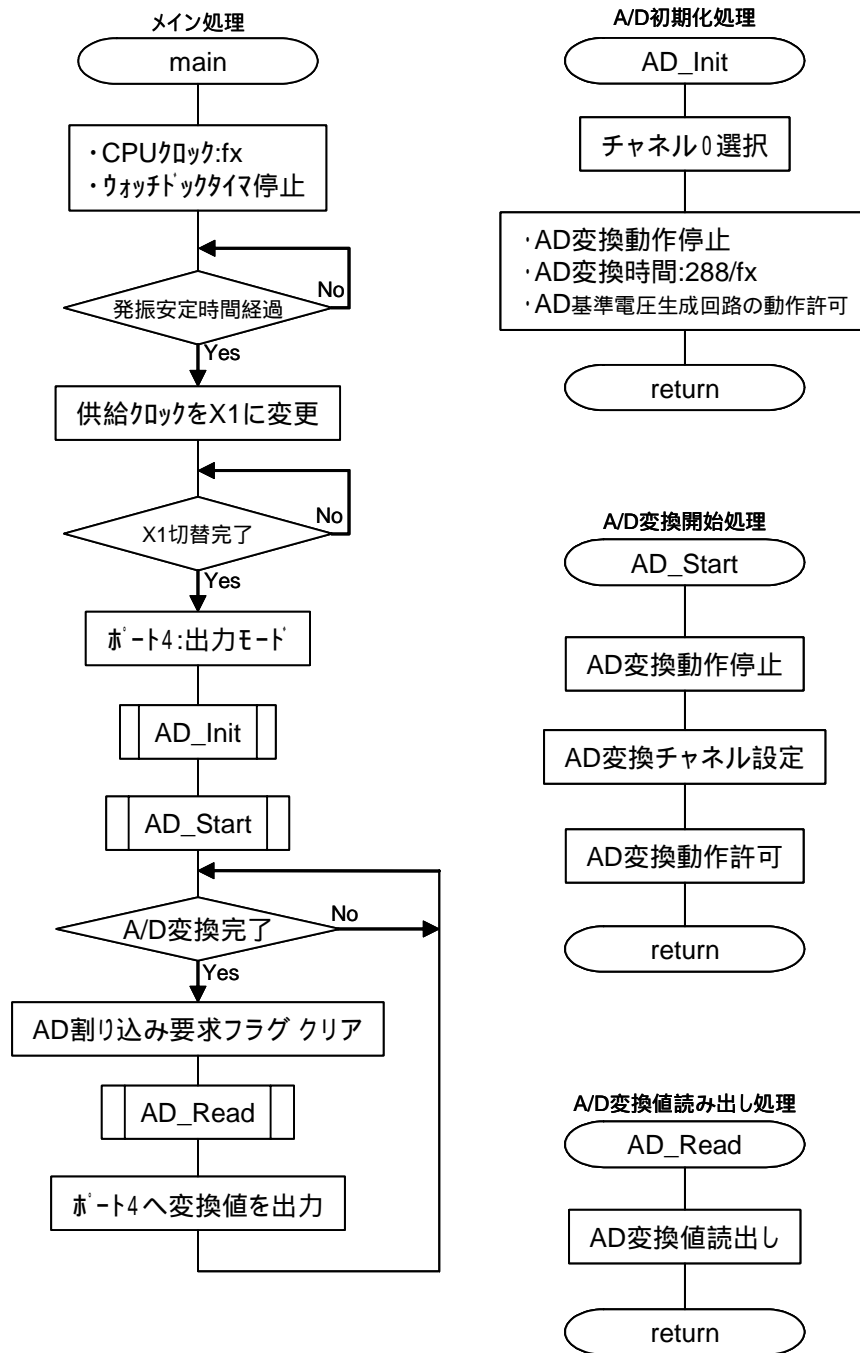
(2) パワーフェイル検出機能

バッテリー電圧低下を検出するための機能です。A/D変換結果 (ADCRレジスタ値) とパワーフェイル比較しきい値レジスタ (PFT) の値との大小比較を行い、比較条件に合致した場合のみINTADを発生します。

このプログラムは、メイン処理において P20/AN10 端子を A/D 変換し、変換結果をポート 4(下位 2bit を切り捨て 8bit)に出力し、この処理を無限に繰り返します。変換時間は $288/f_x(57.6 \mu s)$ を選択します。CPU 供給クロックは、X1 入力クロック(10MHz)を選択します。

初期設定として、チャンネル 0 (P20/AN10) をアナログ入力用に選択します。そして変換時間を 28.8 μs に設定します。メインループにて A/D 変換を繰り返し開始させます。変換の終了は A/D 変換終了フラグ (ADIF) がセットされるのを検知します。変換完了後、変換結果の下位 2 ビットを切り捨てた上位 8 ビットのデータを、ポート 4 から出力します。

フローチャート



C言語ソース

```
/*
*****
*
* Title: A/D conversion by the soft trigger
*
* Parameters: - fastest CPU clock (fx=10MHz)
*             - A/D conversion time: 28.8us
*             - A/D resolution: 10 bits
*             - A/D start: Setting of ADCS bit
*             - A/D stop: none (left operating continuously)
*             - A/D channel: channel 0 (AN10)
*             - A/D input pin: port 2.0 (P20/AN10)
*             - A/D output: port 4 (8 bits)
*****
*/
#pragma sfr
#pragma NOP
#pragma EI

/*
-----
  Constants/Variables
-----
*/

/* Channel number */
enum ANChannel{Channel0, Channel1, Channel2, Channel3, Channel4, Channel5, Channel6, Channel7};

/*status list definition*/
#define TRUE      1
#define FALSE    0

void AD_Init(void);
void AD_Start(enum ANChannel channel);
void AD_Read( unsigned short* buffer );

/*
-----
  Main Program
-----
*/

void main( void )
{
    unsigned short  usAD_DATA;

    PCC = 0x00;          /* CPU clock: fx */
    WDTM = 0x77;        /* Watchdog Timer Stop */

    /* Waiting for oscillation stable time */
    while( OSTC.0 == 0);
    MCMD = 1;           /* supply clock: X1 */
    /* Waiting for X1 clock change */
    while( MCS == 0 );

    PM4 = 0x00;         /* set P4 is output mode */
    AD_Init();          /* A/D initialization function */
    AD_Start( Channel0 ); /* A/D start function */

    while(TRUE)        /* main loop */
    {
        /* Waiting for the completion of A/D conversion */

```

```

    while( ADIF == 0 );
    ADIF = 0;

    AD_Read( &usAD_DATA );          /* A/D Read function */
    P4 = (unsigned char)( usAD_DATA >> 8 ); /* conversion result output */
}
}

/*
-----
Functions Group
-----
*/

/*
-----
Abstract:
This function initializes the A/D converter. Conversion is stopped
and the interrupt is disabled before the configuration is made.
-----
*/
void AD_Init( void )
{
    ADS = 0x00;          /* Channel:AN10 */
    ADM = 0x01;          /* Conversion time: 288/fx(28.8us) */
                        /* standard voltage generation circuit: stop */
                        /* conversion operation: stop */
}

/*
-----
Abstract:
This function starts the A/D converter .
-----
*/
void AD_Start(enum ANChannel channel)
{
    ADCS = 0;          /* Conversion operation stop */

    ADS = channel;     /* Channel set */
    ADCS = 1;          /* Conversion operation permission */
}

/*
-----
Abstract:
This function can be called after an A/D conversion is completed,
and returns the conversion result(s) in the buffer.
-----
*/
void AD_Read( unsigned short* buffer )
{
    *buffer = ADCR;
}

```

アセンブリ言語ソース

```

;
;*****
;
; Title: A/D conversion by the soft trigger
;
; Parameters: - fastest CPU clock (fx=10MHz)
;             - A/D conversion time: 28.8us
;             - A/D resolution: 10 bits
;             - A/D start: Setting of ADCS bit
;             - A/D stop: none (left operating continuously)
;             - A/D channel: channel 0 (AN10)
;             - A/D input pin: port 2.0 (P20/AN10)
;             - A/D output: port 4 (8 bits)
;*****
;
;-----
;           Specify Interrupt Vectors
;-----
;
RESET_VECTOR   CSEG AT 0000h           ;On reset, go to Start
                DW      start
;
;-----
;           Main Program
;-----
START          CSEG

start:
    SEL        RBO
    MOVW       SP, #0FE20h
    MOV        PCC, #00H               ; CPU clock: fx
    MOV        WDTM, #77H              ; Watchdog Timer Stop

; Waiting for oscillation stable time
start01:
    BT         OSTC.0, $start02
    BR         $start01

start02:
    SET1       MCMO                     ; supply clock: X1
; Waiting for X1 clock change
start03:
    BT         MCS, $start04
    BR         $start03

start04:
    MOV        PM4, #00H                ; set P4 is output mode

    CALL       !AD_Init                 ; A/D initialization function
    MOV        A, #00H
    CALL       !AD_Start                 ; A/D start function

main:
    BTCLR      ADIF, $main01            ; Waiting for the completion of A/D conversion
    BR         $main

main01:
    CALL       !AD_Read                 ; A/D Read function
    MOV        P4, A                   ; conversion result output

    BR         $main
;-----

```



```

; Functions Group
;-----

;-----
; Abstract:
; This function initializes the A/D converter. Conversion is stopped
; and the interrupt is disabled before the configuration is made.
;-----
AD_Init:

;--- Channel 0 Selected ---
MOV ADS, #00H

;--- Selection of conversion time=288/fx
MOV ADM, #01H

RET

;-----
; Abstract:
; This function starts the A/D converter .
;-----
AD_Start:
;--- Stop the A/D converter ---
CLR1 ADCS
MOV ADS, A
SET1 ADCS

RET

;-----
; Abstract:
; This function can be called after an A/D conversion is completed,
; and returns the conversion result(s) in the buffer.
;-----
AD_Read:

;--- Read result after conversion ---
MOVW AX, ADCR

RET

END

```

3.9.2 ハード・トリガ

ファイル名

Hard

- AD_Hard.asm (アセンブリ言語ソース)
- AD_Hard.c (C言語ソース)

説明

A/Dコンバータは、アナログ入力をデジタル値に変換する10ビット分解能のコンバータで、最大8チャンネル (ANI0-ANI7) のアナログ入力を制御できる構成になっています。

A/Dコンバータには、次のような機能があります。

(1) 10ビット分解能A/D変換

アナログ入力をANI0-ANI7から1チャンネル選択し、10ビット分解能のA/D変換動作を繰り返します。A/D変換を1回終了するたびに、割込み要求 (INTAD) を発生します。

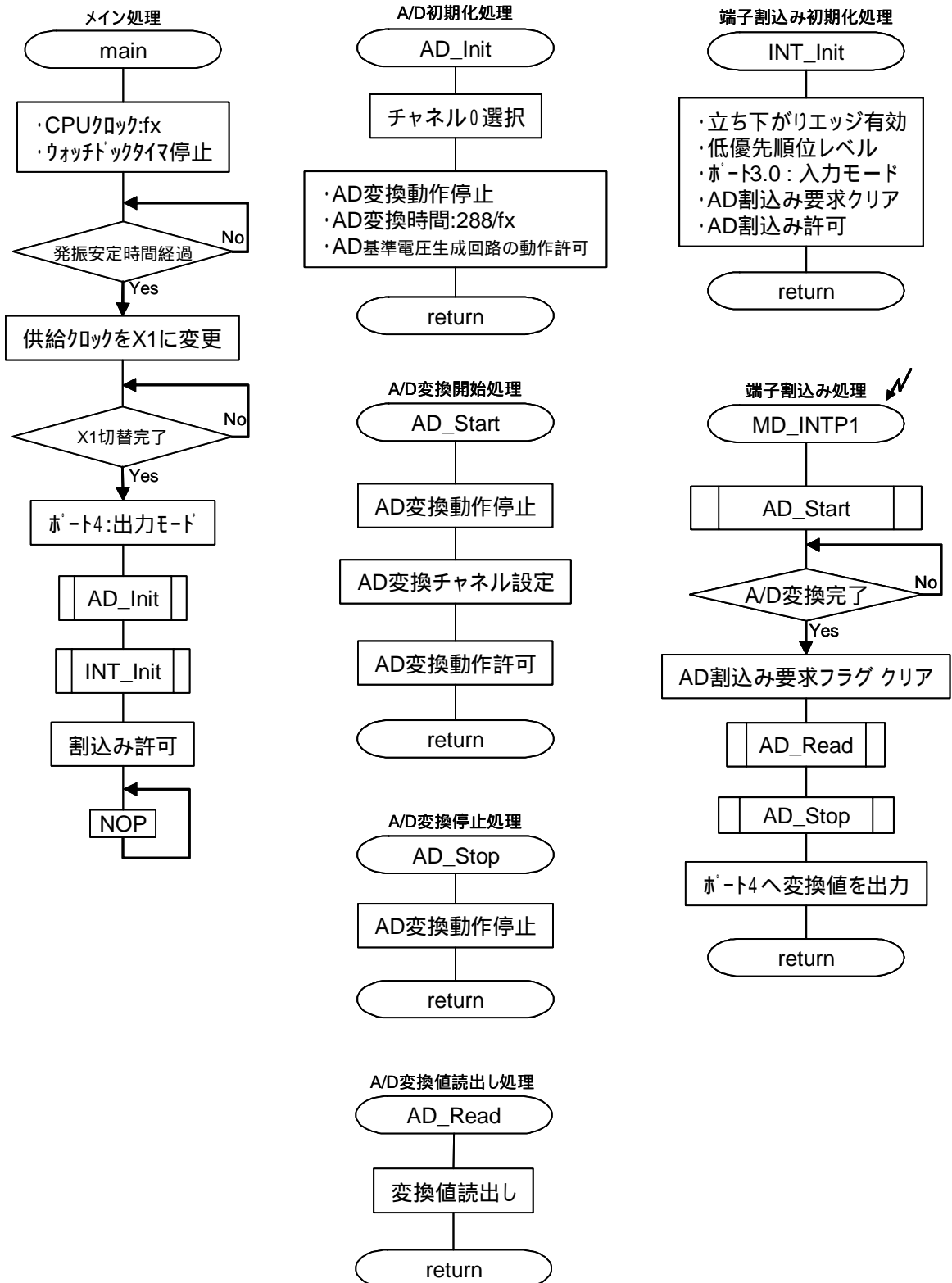
(2) パワーフェイル検出機能

バッテリー電圧低下を検出するための機能です。A/D変換結果 (ADCRレジスタ値) とパワーフェイル比較しきい値レジスタ (PFT) の値との大小比較を行い、比較条件に合致した場合のみINTADを発生します。

このプログラムは、P30/INTP1の立下りエッジ毎にP20/ANI0をA/D変換し、変換結果をポート4(下位2bitを切り捨て8bit)に出力する事を繰り返します。そしてメイン処理は、出力設定後無限ループにします。CPU供給クックは、X1入力クック(10MHz)を選択します。

初期設定として、チャンネル0 (P20/ANI0) をアナログ入力用に選択します。そして変換時間を28.8 μ sに設定します。P30/INTP1の立ち下がりがエッジの検出毎に割込みを発生させ、割込み内にてA/D変換を開始させます。変換の終了はA/D変換終了フラグ (ADIF) がセットされるのを検知します。変換結果は下位2ビットを切り捨てた上位8ビットのデータをポート4から出力します。

フローチャート



C言語ソース

```
/*
*****
*
* Title: A/D conversion by the hard trigger
*
* Parameters: - fastest CPU clock (fx=10MHz)
*             - A/D conversion time: 28.8us
*             - A/D resolution: 10 bits
*             - A/D start: falling edge on port 3.0 (P30/INTP1)
*             - A/D channel: channel 0 (ANI0)
*             - A/D input pin: port 2.0 (P20/ANI0)
*             - A/D output: port 4 (8 bits)
*
*****
*/
#pragma sfr
#pragma NOP
#pragma EI

/*
-----
Specify Interrupt Vectors
-----
*/
#pragma interrupt INTP1 MD_INTP1

/*
-----
Constants/Variables
-----
*/

/* Channel number */
enum ANChannel{Channel0, Channel1, Channel2, Channel3, Channel4, Channel5, Channel6, Channel7};

/*status list definition*/
#define TRUE 1
#define FALSE 0

void AD_Init(void);
void AD_Start(enum ANChannel channel);
void AD_Stop( void );
void AD_Read( unsigned short* buffer );
void INT_Init( void );

/*
-----
Main Program
-----
*/

void main( void )
{
    PCC = 0x00;          /* CPU clock: fx */
    WDTM = 0x77;        /* Watchdog Timer Stop */

    /* Waiting for oscillation stable time */
    while( OSTC.0 == 0 );
    MCMO = 1;           /* supply clock: X1 */
    /* Waiting for X1 clock change */
    while( MCS == 0 );
}
```

```

    PM4 = 0x00;          /* set P4 is output mode */
    AD_Init();          /* A/D initialization function */
    INT_Init();        /* INT initialization function */

    EI();              /* Master interruption permission */

    while(TRUE)        /* Endless loop */
    {
        NOP();
    }
}

/*
-----
  Functions Group
-----
*/

/*
-----
Abstract:
  This function initializes the A/D converter. Conversion is stopped
  and the interrupt is disabled before the configuration is made.
-----
*/
void AD_Init( void )
{
    ADS = 0x00;          /* Channel:AN10 */
    ADM = 0x01;          /* Conversion time: 288/fx(28.8us) */
                        /* standard voltage generation circuit: stop */
                        /* conversion operation: stop */
}

/*
-----
Abstract:
  This function starts the A/D converter.
-----
*/
void AD_Start(enum ANChannel channel)
{
    ADCS = 0;           /* Conversion operation stop */

    ADS = channel;      /* Channel set */
    ADCS = 1;           /* Conversion operation permission */
}

/*
-----
Abstract:
  This function stops the A/D converter.
-----
*/
void AD_Stop( void )
{
    ADCS = 0;           /* Conversion operation stop */
}

/*
-----
Abstract:
  This function can be called after an A/D conversion is completed,
  and returns the conversion result(s) in the buffer.
-----
*/
void AD_Read( unsigned short* buffer )
{

```

```

    *buffer = ADCR;
}

/*
-----
Abstract:
  Init the external INT, including enable or disable,
  priority setting
-----
*/
void INT_Init( void )
{
    EGP.1 = 0;           /* Falling edge */
    EGN.1 = 1;

    PPR1 = 1;           /* Low priority */
    PM3.0 = 1;          /* set P30 input mode */
    PIF1 = 0;           /* Interruption factor flag clear */
    PMK1 = 0;           /* enable INTP1 */
}

/*
-----
Abstract:
  INTP1 Interrupt service routine.
-----
*/
__interrupt void MD_INTP1( void )
{
    unsigned short usAD_DATA;

    AD_Start( Channel0 );           /* A/D start function */

    /* Waiting for the completion of A/D conversion */
    while( ADIF == 0 );
    ADIF = 0;

    AD_Read( &usAD_DATA );         /* A/D Read function */
    AD_Stop();                     /* A/D stop function */
    P4 = (unsigned char)( usAD_DATA >> 8 ); /* conversion result output */
}

```

アセンブリ言語ソース

```

;
;*****
;
; Title: A/D conversion by the hard trigger
;
; Parameters: - fastest CPU clock (fx=10MHz)
;             - A/D conversion time: 28.8us
;             - A/D resolution: 10 bits
;             - A/D start: falling edge on port 3.0 (P30/INTP1)
;             - A/D channel: channel 0 (ANI0)
;             - A/D input pin: port 2.0 (P20/ANI0)
;             - A/D output: port 4 (8 bits)
;
;*****

```

```

;-----
; Specify Interrupt Vectors
;-----

```

```

RESET_VECTOR  CSEG AT 0000h      ;On reset, go to Start
              DW      start
INTP1_VECTOR  CSEG AT 0008h
              DW      MD_INTP1

```

```

;-----
; Main Program
;-----

```

```

START        CSEG

start:
    SEL      RBO
    MOVW    SP, #0FE20h
    MOV     PCC, #00H          ; CPU clock: fx
    MOV     WDTM, #77H        ; Watchdog Timer Stop

; Waiting for oscillation stable time
start01:
    BT      OSTC.0, $start02
    BR     $start01

start02:
    SET1    MCMD              ; supply clock: X1
; Waiting for X1 clock change
start03:
    BT      MCS, $start04
    BR     $start03

start04:
    MOV     PM4, #00H          ; set P4 is output mode

    CALL    !AD_Init          ; A/D initialization function
    CALL    !INT_Init         ; INT initialization function

    EI                          ; Master interruption permission

main:
; Endless loop
    NOP
    BR     $main

```

```

;-----
; Functions Group
;-----

```

```

;-----
; Abstract:
; This function initializes the A/D converter. Conversion is stopped
; and the interrupt is disabled before the configuration is made.
;-----

```

AD_Init:

```

;--- Channel 0 Selected ---
MOV     ADS, #00H

;--- Selection of conversion time=288/fx
MOV     ADM, #01H

RET

```

```

;-----
; Abstract:
; This function starts the A/D converter .
;-----

```

AD_Start:

```

;--- Stop the A/D converter ---
CLR1    ADCS                ; Conversion operation stop
MOV     ADS, A
SET1    ADCS                ; Conversion operation permission

RET

```

```

;-----
; Abstract:
; This function stops the A/D converter.
;-----

```

AD_Stop:

```

;--- Stop the A/D converter ---
CLR1    ADCS                ; Conversion operation stop

RET

```

```

;-----
; Abstract:
; This function can be called after an A/D conversion is completed,
; and returns the conversion result(s) in the buffer.
;-----

```

AD_Read:

```

;--- Read result after conversion ---
MOVW    AX, ADCR

RET

```

```

;-----
; Abstract:
; Init the external INT, including enable or disable,
; priority setting
;-----

```

INT_Init:

```

;INTP1 valid edge and priority selection
CLR1    EGP.1                ; Falling edge
SET1    EGN.1
SET1    PPR1                 ; Low priority
SET1    PM3.0                ; set P30 input mode
CLR1    PIF1                 ; Interruption factor flag clear
CLR1    PMK1                 ; enable INTP1

RET

```



```

;-----
; Abstract:
;   INTP1 Interrupt service routine.
;-----
MD_INTP1:

    SEL    RB1
    MOV    A, #00H
    CALL   !AD_Start          ; A/D start function

; Waiting for the completion of A/D conversion
MD_INTP1_01:
    BTCLR  ADIF, $MD_INTP1_02
    BR     MD_INTP1_01
MD_INTP1_02:

    CALL   !AD_Read          ; A/D Read function
    CALL   !AD_Stop         ; A/D stop function

    MOV    P4, A             ; conversion result output

    RETI

END

```

3.10 シリアル・インタフェースUART0

ファイル名

Uart0

- UART0_trans.asm (アセンブリ言語ソース)
- UART0_trans.c (C言語ソース)

説明

シリアル・インタフェースUART0には、次の2種類のモードがあります。

(1) 動作停止モード

シリアル転送を行わないときに使用するモードです。消費電力を低減できます。

(2) アシンクロナス・シリアル・インタフェース (UART) モード

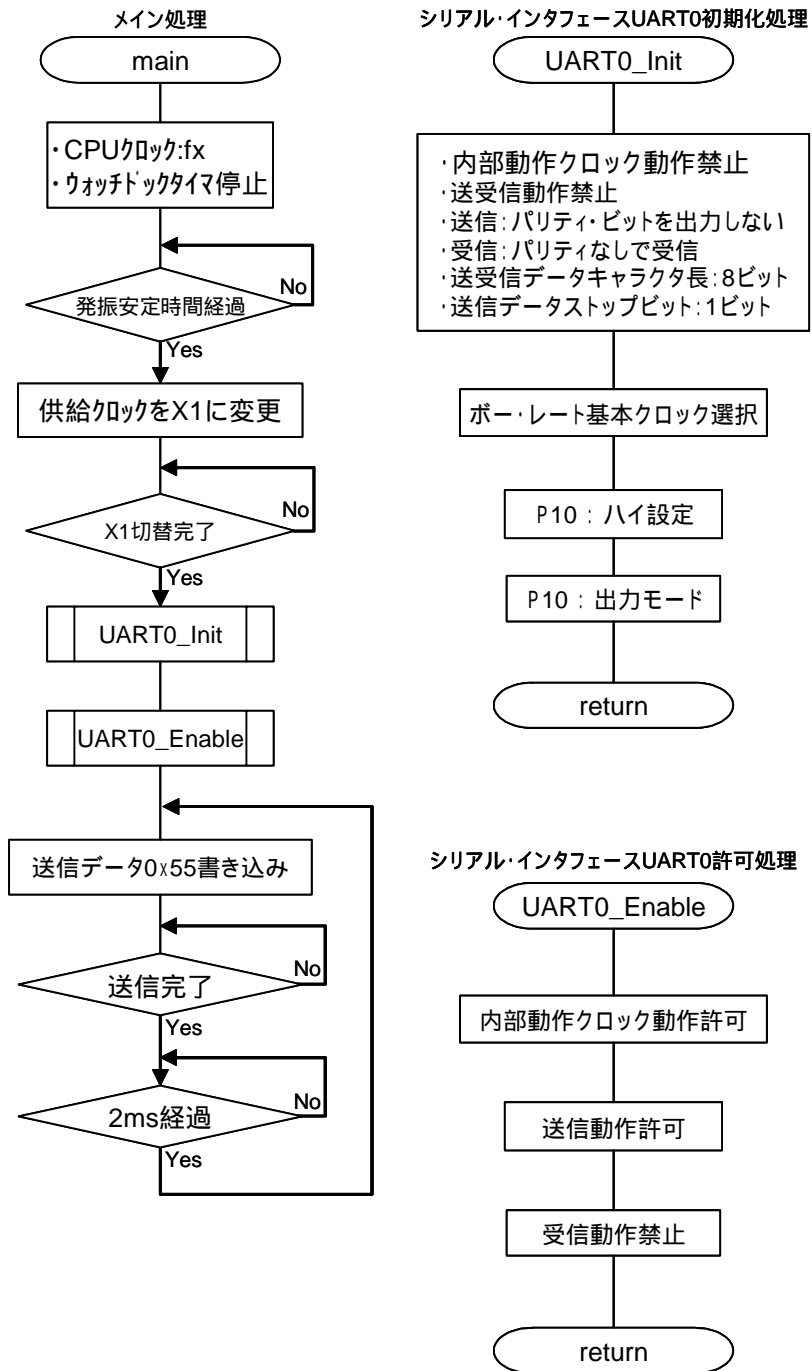
機能の概要を次に示します。

- ・2端子構成 Tx0: 送信データの出力端子
Rx0: 受信データの入力端子
- ・転送データのデータ長は7ビット/8ビット可変
- ・専用の5ビット・ポー・レート・ジェネレータを内蔵していることにより、任意のポー・レートが設定可能
- ・送信動作と受信動作は独立して動作することが可能
- ・動作クロックは、4本のクロック入力選択可能
- ・転送するデータの先頭ビットは、LSB固定

このプログラムは、9600bpsの転送速度にて、2msの間隔を空けて0x55のデータ送信を繰り返します。そしてメイン処理では2msの時間をループ処理で実現し、経過毎に開始設定を行います。CPU供給以外、X1入力カック(10MHz)を選択します。

ポー・レート・ジェネレータ・コントロール・レジスタ0(BRGC0)によりポー・レートを9600に設定します。送信フォーマットは、1bitのスタートビット、8bitのデータ、パリティビットなし、1bitのストップビットとなっています。送信データの登録は、送信シフトレジスタ(TXS0)にて行われます。メインループでは、TXS0に0x55の値を書込むことで送信を繰り返し行っています。送信完了は、送信完了のリクエストフラグ(DUALIF0)にて確認します。そして送信完了後は、約2msのwaitを設定しています。そのため、送信データは約2ms間隔で出力されます。

フローチャート



C 言語ソース

```
/*
*****
*
* Title: UART0 transmitting control
*
* Parameters: - fastest CPU clock (fx=10MHz)
*             - Serial Interface: UART0
*             - Serial data port: Port 1.0 (P10/TxD0)
*             - Baud rate: 9600
*             - Data format: 1 start bit, 8 data bits, no parity, 1 stop bits
*             - Data byte continuously transmitted: 55 hex
*             - Delay between each data byte transmitted: approx. 2ms
*****
*/
#pragma sfr
#pragma NOP
#pragma EI

/*
-----
Constants/Variables
-----
*/

#define UART_BAUDRATE_MO 0x3
#define UART_BAUDRATE_KO 0x10

/*status list definition*/
#define TRUE 1
#define FALSE 0

void UART0_Init( void );
void UART0_Enable( void );

/*
-----
Main Program
-----
*/

void main( void )
{
    unsigned short i;

    PCC = 0x00;          /* CPU clock: fx */
    WDTM = 0x77;        /* Watchdog Timer Stop */

    /* Waiting for oscillation stable time */
    while( OSTC.0 == 0);
    MCMD = 1;          /* supply clock: X1 */
    /* Waiting for X1 clock change */
    while( MCS == 0 );

    UART0_Init();      /* UART0 initialization function */
    UART0_Enable();    /* UART0 enable function */

    while(TRUE)        /* main loop */
    {
        TXS0 = 0x55;
        /* Waiting for the completion of transmitting */
        while( DUALIFO == 0 );
        DUALIFO = 0;

        for( i=0 ; i<1000 ; i++ );    /* wait 2 ms */
    }
}
```

```

    }
}

/*
-----
  Functions Group
-----
*/

/*
-----
Abstract:
  Initializes UART0 interface for each channel; the application is responsible for
  set work mode, transfer speed, data bit length, stop bit length, parity type setting.
-----
*/
void UART0_Init( void )
{
    ASIMO = 0x05;                /* Data length is 8 bits */
                                /* Stop length is 1 bits */
                                /* Parity mode is None parity */

    BRGCO = UART_BAUDRATE_K0 |
            (UART_BAUDRATE_MO << 6); /* Baud rate selection */
    P1.0 = 1;                    /* P10=1 */
    PM1.0 = 0;                  /* Set UART0 work in transmit(output) mode */
}

/*
-----
Abstract:
  This function is responsible for supplying clock to UART0 interface.
-----
*/
void UART0_Enable( void )
{
    POWER0 = 1;                /* Permission of an internal operation clock of operation */
    TXE0 = 1;                  /* Transmitting operation permission */
    RXE0 = 0;                  /* Prohibition of reception operation */
}

```

アセンブリ言語ソース

```
;
;*****
;
; Title: UART0 transmitting control
;
; Parameters: - fastest CPU clock (fx=10MHz)
;             - Serial Interface: UART0
;             - Serial data port: Port 1.0 (P10/TxD0)
;             - Baud rate: 9600
;             - Data format: 1 start bit, 8 data bits, no parity, 1 stop bits
;             - Data byte continuously transmitted: 55 hex
;             - Delay between each data byte transmitted: approx. 2ms
;*****
;
```

```
-----
;
; Macro Define
;-----
;
```

```
UART_BAUDRATE_MO EQU 03H
UART_BAUDRATE_KO EQU 10H
```

```
-----
;
; Specify Interrupt Vectors
;-----
;
```

```
RESET_VECTOR CSEG AT 0000h ; On reset, go to Start
DW start
```

```
-----
;
; Main Program
;-----
;
```

```
START CSEG
```

```
start:
    SEL R0
    MOVW SP, #0FE20h
    MOV PCC, #00H ; CPU clock: fx
    MOV WDTM, #77H ; Watchdog Timer Stop
```

```
; Waiting for oscillation stable time
```

```
start01:
    BT OSTC.0, $start02
    BR $start01
```

```
start02:
    SET1 MCMO ; enable X1
```

```
; Waiting for X1 clock change
```

```
start03:
    BT MCS, $start04
    BR $start03
```

```
start04:
    CALL !UART0_Init
    CALL !UART0_Enable
```

```
main: ; main loop
```

```
MOV TXS0, #55H
main01:
    BTCLR DUALIFO, $main02
    BR $main01
```

main02:

MOVW AX, #0000H

main03:

CMPW AX, #1000
BNC \$main

INCW AX
BR \$main03

; Functions Group

; Abstract:
; Initializes UART0 interface for each channel; the application is responsible for
; set work mode, transfer speed, data bit length, stop bit length, parity type setting.

UART0_Init:

MOV ASIMO, #05H ; Data length is 8 bits
; Stop length is 1 bits
; Parity mode is None parity

MOV BRGCO, #UART_BAUDRATE_MO SHL 6 OR UART_BAUDRATE_KO ; Baud rate selection
SET1 P1.0 ; Set UART0 work in transmit mode
CLR1 PM1.0

RET

; Abstract:
; This function is responsible for supplying clock to UART0 interface.

UART0_Enable:

SET1 POWER0 ; Permission of an internal operation clock of operation
SET1 TXE0 ; Transmitting operation permission
CLR1 RXE0 ; Prohibition of reception operation

RET

END

3.11 シリアル・インタフェースCSI10

ファイル名

Csi0

- CSI0_3wire.asm (アセンブリ言語ソース)
- CSI0_3wire.c (C言語ソース)

説明

シリアル・インタフェースCSI10, CSI11[※]には、次の2種類のモードがあります。

(1) 動作停止モード

シリアル転送を行わないときに使用するモードです。消費電力を低減することができます。

(2) 3線式シリアルI/Oモード (MSB/LSB先頭切り替え可能)

シリアル・クロック (SCK1n) とシリアル・データ (SI1n, SO1n) の3本のラインにより、8ビット・データ転送を行うモードです。

3線式シリアルI/Oモードは同時送受信動作が可能なので、データ転送の処理時間が短くなります。

シリアル転送する8ビット・データの先頭ビットをMSBか、またはLSBかに切り替えることができますので、いずれの先頭ビットのデバイスとも接続できます。

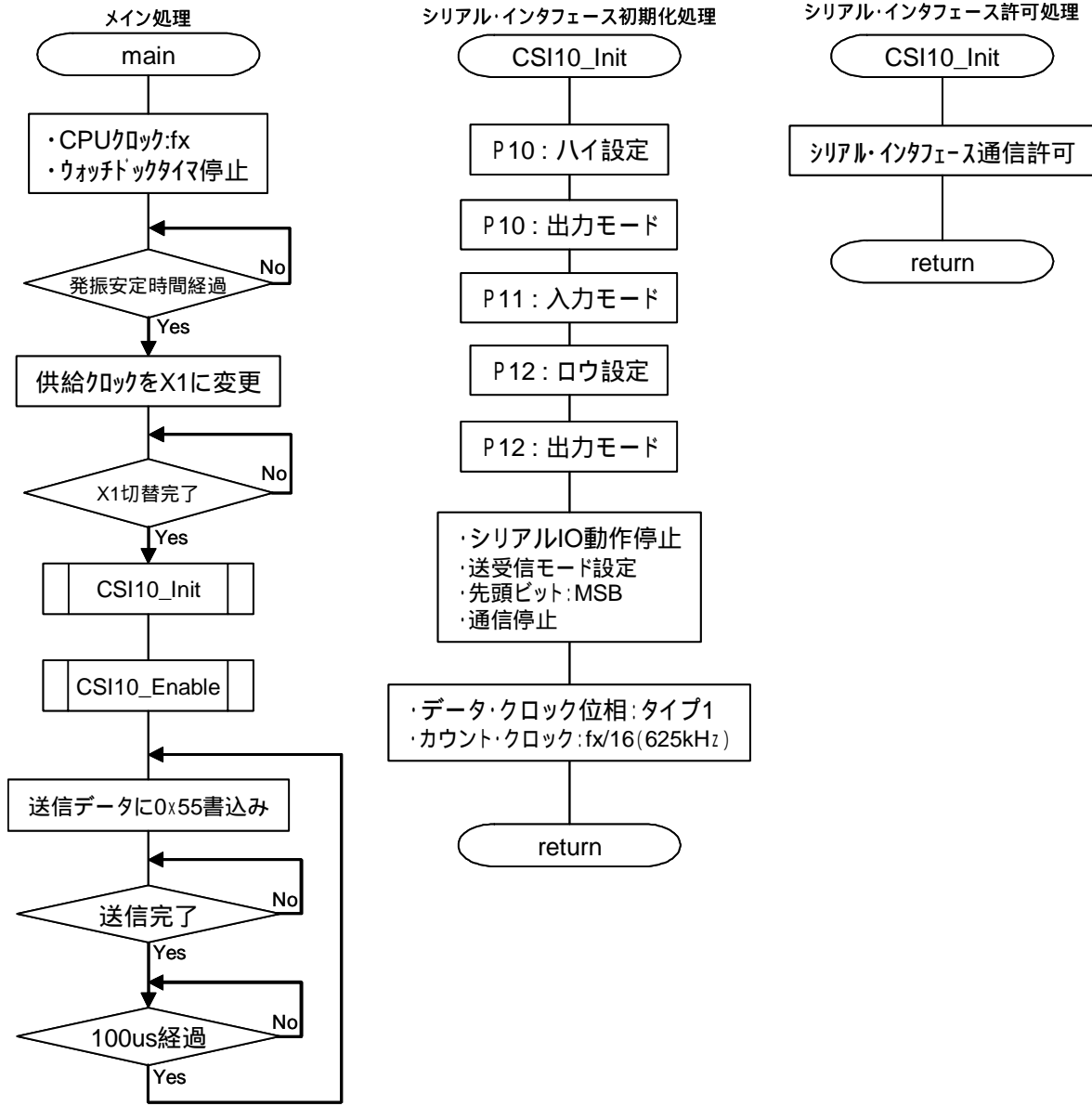
3線式シリアルI/Oモードは、75XLシリーズ、78Kシリーズ、17Kシリーズなど従来のクロック同期式シリアル・インタフェースを内蔵する周辺I/Oや表示コントローラなどを接続するときに有効です。

注 μPD780146, 780148, 78F0148のみ。

このプログラムは、625kHzのクロックにて、100usの間隔を空けて0x55のデータ送信を繰り返します。そして、メイン処理では100usの時間をループ処理で実現し、経過毎に開始設定を行います。CPU供給クロックは、X1入力クロック(10MHz)を選択します。

通信速度は、シリアル・クロック選択レジスタ(CSIC10)により通信速度を625kHzに設定します。送信データの登録は、送信バッファ・レジスタ(SOTB10)に書込むことで行われます。メインループでは、SOTB10に0x55の値を設定し送信を繰り返し行っています。送信完了は、送信完了のリクエストフラグ(DUALIF0)にて確認しています。送信完了後は、約100μsのwaitを設定しています。そのため、送信データは約100μs間隔で出力されます。

フローチャート



C 言語ソース

```
/*
*****
*
* Title: CS10 3wire control
*
* Parameters: - fastest CPU clock (fx=10MHz)
*             - Serial Interface: CS10
*             - Serial clock port: Port 1.0 (P10/SCK10)
*             - Serial data port: Port 1.2 (P12/S010)
*             - Serial clock frequency: 625kHz (fx/8)
*             - Data byte continuously transmitted: 55 hex
*             - Delay between each data byte transmitted: approx. 100us
*****
*/
#pragma sfr
#pragma NOP
#pragma EI

/*
-----
Constants/Variables
-----
*/

/*status list definition*/
#define TRUE      1
#define FALSE    0

void CS10_Init( void );
void CS10_Enable( void );

/*
-----
Main Program
-----
*/

void main( void )
{
    unsigned char i;

    PCC = 0x00;          /* CPU clock: fx */
    WDTM = 0x77;        /* Watchdog Timer Stop */

    /* Waiting for oscillation stable time */
    while( OSTC.0 == 0);
    MCMD = 1;           /* supply clock: X1 */
    /* Waiting for X1 clock change */
    while( MCS == 0 );

    CS10_Init();        /* CS10 initialization function */
    CS10_Enable();     /* CS10 enable function */

    while(TRUE)        /* main loop */
    {
        SOTB10 = 0x55;
        while( DUALIFO == 0 );
        DUALIFO = 0;
        for( i=0 ; i<50 ; i++ ); /* wait 100us */
    }
}
}
```

```

/*
-----
  Functions Group
-----
*/

/*
-----
Abstract:
  CSI10 interface initialization, the application is responsible for
  set work mode, transfer speed, data bit length, data direction setting,
  automatic transfer mode, clock and data phase setting.
-----
*/
void CSI10_Init( void )
{
    P1.0 = 1;           /* P10=1 */
    PM1.0 = 0;         /* set P10 is output mode(Internal clock output) */
    PM1.1 = 1;         /* set P11 is input mode */
    P1.2 = 0;          /* P12=0 */
    PM1.2 = 0;         /* set P12 is output mode */

    CSIM10 = 0x40;     /* CSI10 work in half-duplex mode */
                     /* Set data direction is MSB */
    CSIC10 = 0x03;     /* Clock data phase1 */
                     /* fxx/16 */
}

/*
-----
Abstract:
  This function is responsible for supplying clock to CSI10 interface.
-----
*/
void CSI10_Enable( void )
{
    CSIE10 = 1;       /* Permission of operation */
}

```

アセンブリ言語ソース

```

;
;*****
;
; Title: CSIO 3wire control
;
; Parameters: - fastest CPU clock (fx=10MHz)
;             - Serial Interface: CS110
;             - Serial clock port: Port 1.0 (P10/SCK10)
;             - Serial data port: Port 1.2 (P12/SO10)
;             - Serial clock frequency: 625kHz (fx/8)
;             - Data byte continuously transmitted: 55 hex
;             - Delay between each data byte transmitted: approx. 100us
;
;*****

```

```

;-----
; Specify Interrupt Vectors
;-----

```

```

RESET_VECTOR    CSEG AT 0000h      ; On reset, go to Start
                DW      start

```

```

;-----
; Main Program
;-----

```

```

START          CSEG

start:
    SEL        RBO
    MOVW       SP, #0FE20h
    MOV        PCC, #00H
    MOV        WDTM, #77H          ; Watchdog Timer Stop

```

```

; Waiting for oscillation stable time

```

```

start01:
    BT         OSTC.0, $start02
    BR         $start01

```

```

start02:
    SET1       MCMO                ; enable X1

```

```

; Waiting for X1 clock change

```

```

start03:
    BT         MCS, $start04
    BR         $start03

```

```

start04:
    CALL       !CS110_Init
    CALL       !CS110_Enable

```

```

main:
; main loop

```

```

    MOV        SOTB10, #55H

```

```

main01:
    BTCLR      DUALIFO, $main02
    BR         $main01

```

```

main02:

```

```

    MOV        A, #00H

```

```

main03:
    CMP        A, #50              ; wait 100us
    BNC        $main

```

```

    INC        A
    BR         $main03

```

```
-----  
; Functions Group  
-----
```

```
-----  
; Abstract:  
; CS110 interface initialization, the application is responsible for  
; set work mode, transfer speed, data bit length, data direction setting,  
; automatic transfer mode, clock and data phase setting.  
-----
```

CSI10_Init:

```
SET1 P1.0  
CLR1 PM1.0  
SET1 PM1.1  
CLR1 P1.2  
CLR1 PM1.2  
  
SET1 CSIM10.6 ;CSI10 work in half-duplex mode  
CLR1 CSIM10.4 ;Set data direction is MSB  
CLR1 CSIC10.4 ;Clock data phase1  
CLR1 CSIC10.3  
CLR1 CSIC10.2 ;fxx/16  
SET1 CSIC10.1  
SET1 CSIC10.0  
  
RET
```

```
-----  
; Abstract:  
; This function is responsible for supplying clock to CSI10 interface.  
-----
```

CSI10_Enable:

```
SET1 CSIE10 ; Permission of operation  
  
RET
```

END

3.12 シリアル・インタフェースCSIA0

ファイル名

Csia0

- CSIA0_3wire.asm (アセンブリ言語ソース)
- CSIA0_3wire.c (C言語ソース)

説明

シリアル・インタフェースCSIA0には、次の3種類のモードがあります。

(1) 動作停止モード

シリアル転送を行わないときに使用するモードです。消費電力を低減することができます。

(2) 3線式シリアルI/Oモード (MSB/LSB先頭切り替え可能)

シリアル・クロック (SCKA0) とシリアル・データ (SIA0, SOA0) の3本のラインにより、8ビット・データ転送を行うモードです。

3線式シリアルI/Oモードは同時送受信動作が可能なので、データ転送の処理時間が短くなります。

シリアル転送する8ビット・データの先頭ビットをMSBか、またはLSBかに切り替えることができますので、いずれの先頭ビットのデバイスとも接続できます。

(3) 自動送受信機能付き3線式シリアルI/Oモード (MSB/LSB先頭切り替え可能)

シリアル・クロック (SCKA0) とシリアル・データ (SIA0, SOA0) の3本のラインにより、8ビット・データ転送を行うモードです。

3線式シリアルI/Oモードは同時送受信動作が可能なので、データ転送の処理時間が短くなります。

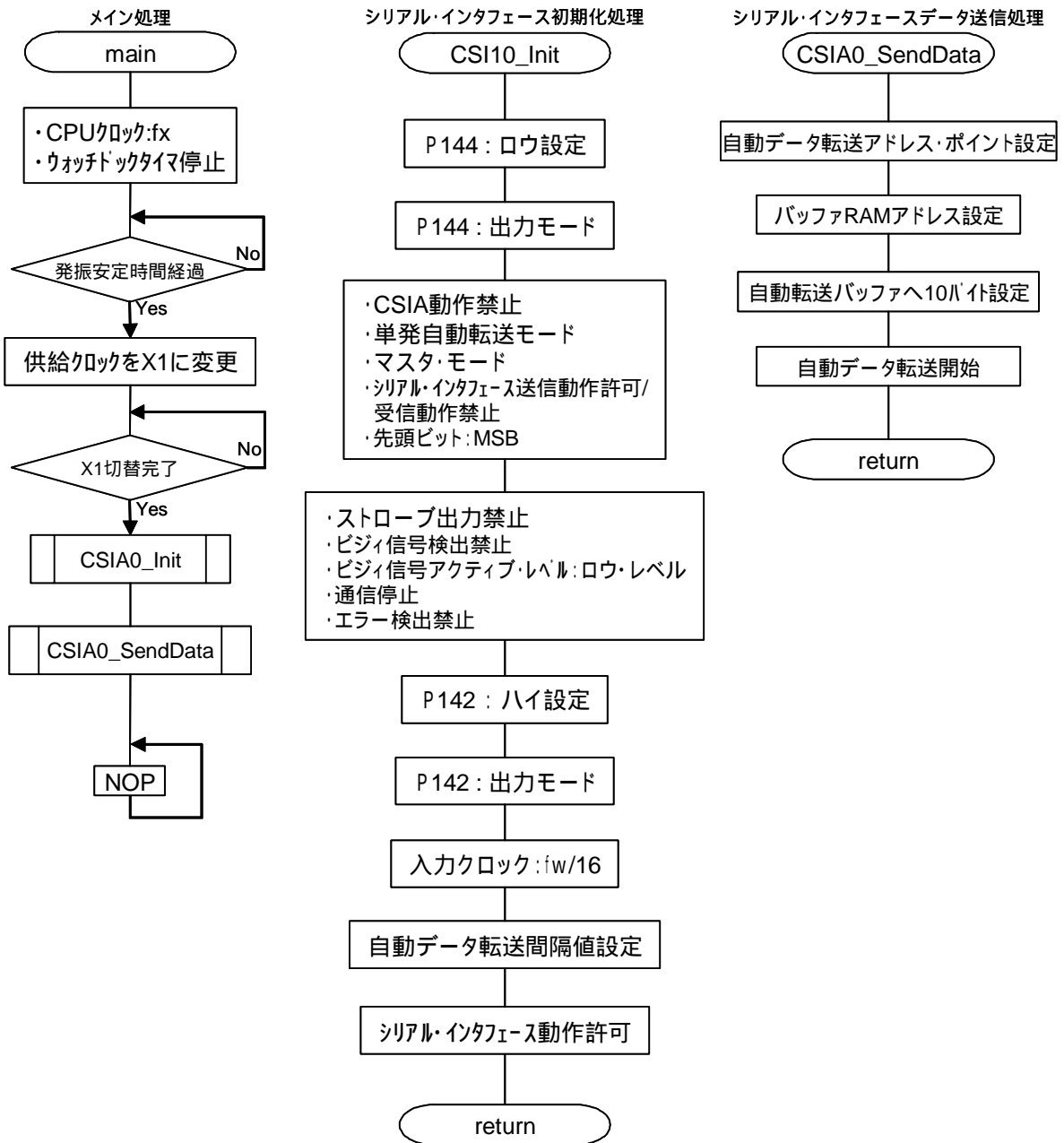
シリアル転送する8ビット・データの先頭ビットをMSBか、またはLSBかに切り替えることができますので、いずれの先頭ビットのデバイスとも接続できます。

転送バッファRAMを32バイト内蔵しているので、ソフトウェアを介さずに表示ドライバなどとデータ転送可能です。またハンドシェイク端子 (STB0, BUSY0) をサポートしており、容易に周辺LSIと接続することができます。

このプログラムは、625kHzのクロックにて、自動送信機能を使用し0x01~0x0Aまでの10byteを送信します。そしてメイン処理では、出力設定後無限ループにします。CPU供給クロックは、X1入力クロック(10MHz)を選択します。

初期設定として、分周値選択レジスタ0 (BRGCA0) に通信速度として625kHzを設定し、送信データは、0x01から0x0Aまでの10byteをバッファRAMに設定します。また、自動データ転送間隔指定レジスタ(ADTI0)により3クロック分のインターバル時間を設定します。その後、自動転送機能を起動させ送信します。

フローチャート



C言語ソース

```
/*
*****
*
* Title: CSIAO 3wire control
*
* Parameters: - fastest CPU clock (fx=10MHz)
*             - Serial Interface: CSIAO
*             - Serial clock port: Port 14.2 (P142/SCKA0)
*             - Serial data port: Port 14.4 (P144/SOA0)
*             - Serial clock frequency: 625kHz (fx/16)
*             - Data byte continuously transmitted: 01 - 0A HEX
*             - Delay between each data byte transmitted: approx. 3 clock
*****
*/
#pragma sfr
#pragma NOP
#pragma EI

/*
-----
Constants/Variables
-----
*/

#define ADR_CSIAOB0    0xfa00    /*CSIAO automatic transfer RAM address*/
#define CSIA_AUTORAMSIZE 32    /*CSIA automatic transfer RAM size*/
#define CSIAO_INTERVALVALUE 0x3

/*status list definition*/
#define TRUE          1
#define FALSE         0

const unsigned char ucSendData[10] =
{
    0x01,0x02,0x03,0x04,0x05,0x06,0x07,0x08,0x09,0x0A
};

void CSIAO_Init( void );
void CSIAO_SendData(unsigned char* txbuf, unsigned char txnum);

/*
-----
Main Program
-----
*/

void main( void )
{
    PCC = 0x00;          /* CPU clock: fx */
    WDTM = 0x77;        /* Watchdog Timer Stop */

    /* Waiting for oscillation stable time */
    while( OSTC.0 == 0);
    MCMO = 1;          /* supply clock: X1 */
    /* Waiting for X1 clock change */
    while( MCS == 0 );

    CSIAO_Init();      /* CSIAO initialization function */
    CSIAO_SendData( &ucSendData[0] , 10 ); /* CSIAO transmitting function */

    while(TRUE)        /* Endless loop */
```



```

    {
        NOP();
    }
}

/*
-----
    Functions Group
-----
*/

/*
-----
Abstract:
    CSIAO interface initialization, the application is responsible for set
    work mode, transfer speed, automatic transfer mode , data direction
    setting, automatic transfer byte number, internale time setting.
-----
*/
void CSIAO_Init( void )
{
    P14.4 = 0;          /* P144=0 */
    PM14.4 = 0;        /* set P144 is output mode */

    CSIMA0 = 0x58;     /* CSIAO work in transmit mode */
                    /* Internal clock(master mode) */
                    /* CSIAO work in automatic transfer mode */
                    /* CSIAO work in single transfer mode */
                    /* The data direction is MSB */

    CSIS0 = 0x00;      /* Strobe output Disabled */
                    /* Busy signal detection Disabled */
                    /* Busy signal active level setting Low level */
                    /* Bit error detection disabled */

    P14.2 = 1;         /* P142=1 */
    PM14.2 = 0;        /* set P142 is output mode */

    BRGCA0 = 0x02;     /* fxx/16 */

    ADT10 = CSIAO_INTERVALVALUE; /* master mode insert interval */
    CSIAE0 = 1;         /* CSIAO operation permission */
}

/*
-----
Abstract:
    This function responsible for transferring data for CSIAO interface and
    a call back function is provided to high level user.
-----
*/
void CSIAO_SendData(unsigned char* txbuf, unsigned char txnum)
{
    unsigned char i;
    unsigned char * p_buf;

    ADTPO = txnum - 1; /* setup of transmitting bytes */

    p_buf = (unsigned char*)ADR_CSIAO0B0; /* CSIAO buffer RAM address */
    for (i=0; i<txnum; i++){
        *p_buf++ = *txbuf++;
    }
    ATSTA0 = 1;        /* Normal mode */
}

```

アセンブリ言語ソース

```

;
;*****
;
; Title: CSIAO 3wire control
;
; Parameters: - fastest CPU clock (fx=10MHz)
;             - Serial Interface: CSIAO
;             - Serial clock port: Port 14.2 (P142/SCKA0)
;             - Serial data port: Port 14.4 (P144/SOA0)
;             - Serial clock frequency: 625kHz (fx/16)
;             - Data byte continuously transmitted: 01 - 0A hex
;             - Delay between each data byte transmitted: approx. 3 clock
;
;*****

```

```

;-----
; Macro Define
;-----

```

```

ADR_CSIAOBO      EQU    0FA00H ; CSIAO automatic transfer RAM address
CSIA_AUTORAMSIZE EQU    32D   ; CSIA automatic transfer RAM size
CSIAO_INTERVALVALUE EQU    03H

```

```

                CSEG
ucSendData:    DB      01H
                DB      02H
                DB      03H
                DB      04H
                DB      05H
                DB      06H
                DB      07H
                DB      08H
                DB      09H
                DB      0AH

```

```

                DSEG
CSIAO_TX_ADDRESS: DS      2

```

```

;-----
; Specify Interrupt Vectors
;-----

```

```

RESET_VECTOR    CSEG AT 0000h ; On reset, go to Start
                DW      start

```

```

;-----
; Main Program
;-----

```

```

START          CSEG

start:
    SEL        RBO
    MOVW       SP, #0FE20h
    MOV        PCC, #00H ; CPU clock: fx
    MOV        WDTM, #77H ; Watchdog Timer Stop

; Waiting for oscillation stable time
start01:
    BT         OSTC.0, $start02
    BR         $start01

```

```

start02:
    SET1    MCM0                ; enable X1
; Waiting for X1 clock change
start03:
    BT      MCS, $start04
    BR      $start03
start04:

    CALL    !CSIA0_Init

    MOVW    DE, #ucSendData
    MOV     B, #10
    CALL    !CSIA0_SendData

main:
                                ; Endless loop
    NOP
    BR      $main

```

```

;-----
; Functions Group
;-----

```

```

;-----
; Abstract:
; CSIA0 interface initialization, the application is responsible for set
; work mode, transfer speed, automatic transfer mode , data direction
; setting, automatic transfer byte number, internale time setting.
;-----

```

```

CSIA0_Init:

    CLR1    P14.4
    CLR1    PM14.4

    MOV     CSIMA0, #58H        ; CSIA0 work in transmit mode
                                ; Internal clock(master mode)
                                ; CSIA0 work in automatic transfer mode
                                ; CSIA0 work in single transfer mode
                                ; The data direction is MSB

    MOV     CSIS0, #00H        ; Strobe output Disabled
                                ; Busy signal detection Disabled
                                ; Busy signal active level setting Low level

    SET1    P14.2
    CLR1    PM14.2

    MOV     BRGCA0, #02H      ; fw/16
    MOV     ADT10, #CSIA0_INTERVALVALUE ; master mode insert interval

    SET1    CSIAE0            ; CSIA0 operation permission

    RET

```

```

;-----
; Abstract:
; This function responsible for transferring data for CSIA0 interface and
; a call back function is provided to high level user.
;-----

```

```

CSIA0_SendData:

    MOV     A, B
    DEC     A
    MOV     ADTPO, A

    MOVW    HL, #ADR_CSIA0B0 ; CSIA0 buffer RAM address

```

```
CSIAO_SetData1:  
  MOV    A, [DE]  
  MOV    [HL], A  
  INCW   DE  
  INCW   HL  
  DBNZ   B, $CSIAO_SetData1  
  
  SET1   ATSTAO  
  
  RET  
  
END
```

3.13 乗算器

ファイル名

- Hard_Mult.asm (アセンブリ言語ソース)
- Hard_Mult.c (C言語ソース)

説明

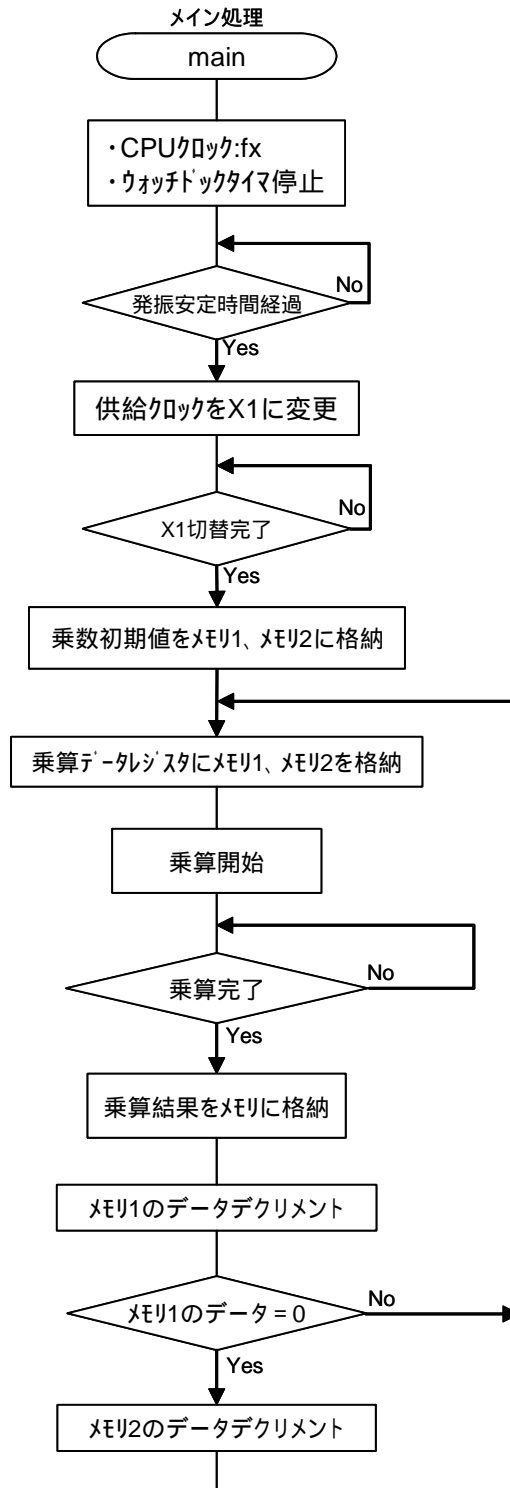
乗除算器には、次のような機能を持ちます。

- ・16ビット×16ビット= 32ビット (乗算)
- ・32ビット÷16ビット= 32ビット 剰余16ビット (除算)

このプログラムは、0~255までの2つの値の乗算を繰り返しRAMに格納します。そしてメイン処理は、出力設定後無限ループにします。CPU供給切は、X1入力切(10MHz)を選択します。

メインループ内にて、8ビット×8ビットの掛け算を繰り返します。計算する値を、MDA0LとMDB0に代入した後、DMUC0.7をセットします。計算が終了するとDMUEがセットされるので、MDA0Lより計算結果を読み込みます。計算の順序は、 $255 \times 255=65025$ から始まり、 $254 \times 255=64770$ 、 $253 \times 255=64515$ 、.....、 $200 \times 100=20000$ 、 $199 \times 100=19900$ 、.....、 $100 \times 100=10000$ 、 $0 \times 9=0$ 、 $255 \times 9=2295$ 、.....、 $1 \times 1=1$ 、 $0 \times 0=0$ 、 $255 \times 0=0$、 $0 \times 255=0$ の順番で、これを繰り返します。

フローチャート



C言語ソース

```
/*
*****
*
* Title: Hardware multiplier
*
* Parameters: - fastest CPU clock (fx=10MHz)
*             - multiplier control and status register: DMUCO
*             - 16-bit multiplicand registers: MDAO and MDBO
*             - 16-bit multiplication result register: MDAO
*****
*/
#pragma sfr
#pragma NOP
#pragma EI

/*
-----
  Constants/Variables
-----
*/

/*status list definition*/
#define TRUE      1
#define FALSE    0

/*
-----
  Main Program
-----
*/

void main( void )
{
    unsigned char  ucMult1,ucMult2;
    unsigned short usResult;

    PCC = 0x00;           /* CPU clock: fx */
    WDTM = 0x77;         /* Watchdog Timer Stop */

    /* Waiting for oscillation stable time */
    while( OSTC.0 == 0);
    MCMD = 1;            /* supply clock: X1 */
    /* Waiting for X1 clock change */
    while( MCS == 0 );

    /* Initial multiplier value set */
    ucMult1 = 255;
    ucMult2 = 255;

    while(TRUE)         /* main loop */
    {
        MDAOL = ucMult1; /* Move 1st multiplicand into MDAO */
        MDBO = ucMult2; /* Move 2nd multiplicand into MDBO */

        DMUCO = 0x81;    /* Start multiply operation */
        while( DMUE == 1 ) /* Wait until operation complete */
        {
            NOP();
        }
        usResult = MDAOL; /* Store 16-bit result */
        NOP();           /* Break here to examine result */
        if(--ucMult1 == 0) ucMult2--; /* Cycle through multiplicand values */
    };
}

```

アセンブリ言語ソース

```

;
;*****
;
; Title: Hardware multiplier
;
; Parameters: - fastest CPU clock (fx=10MHz)
;             - multiplier control and status register: DMUC0
;             - 16-bit multiplicand registers: MDAO and MDBO
;             - 16-bit multiplication result register: MDAO
;*****
;
;-----
;             Specify Interrupt Vectors
;-----
RESET_VECTOR   CSEG AT 0000h           ; On reset, go to Start
               DW      start

;-----
;             Main Program
;-----
START          CSEG

start:
   SEL        RBO
   MOVW      SP, #0FE20h
   MOV       PCC, #00H                ; CPU clock: fx
   MOV       WDTM, #77H              ; Watchdog Timer Stop

; Waiting for oscillation stable time
start01:
   BT        OSTC.0, $start02
   BR        $start01

start02:
   SET1     MCMO                      ; enable X1
; Waiting for X1 clock change
start03:
   BT        MCS, $start04
   BR        $start03

start04:
   MOV       B, #255
   MOV       C, #255

main:
; main loop
   MOV       X, #00H
   MOV       A, B
   XCH      A, X
   MOVW     MDAOL, AX                 ;Move 1st multiplicand into MDAO
   MOV       X, #00H
   MOV       A, C
   XCH      A, X
   MOVW     MDBO, AX                 ;Move 2nd multiplicand into MDBO

   MOV      DMUC0, #81H              ;Start multiply operation
main01:
   BF       DMUE, $main02            ;Wait until operation complete
   NOP
   BR       $main01

main02:
   MOVW     AX, MDAOL
   MOVW     DE, AX                   ; Store 16-bit result

```



```
DEC B
BNZ $main03
DEC C
main03:
BR $main
END
```

3.14 割り込み機能

ファイル名

- Interrupt.asm (アセンブリ言語ソース)
- Interrupt.c (C言語ソース)

説明

割り込み機能には、次の2種類があります。

(1) マスカブル割り込み

マスク制御を受ける割り込みです。優先順位指定フラグ・レジスタ (PROL, PROH, PR1L, PR1H) の設定により、割り込み優先順位を高い優先順位のグループと低い優先順位のグループに分けることができます。

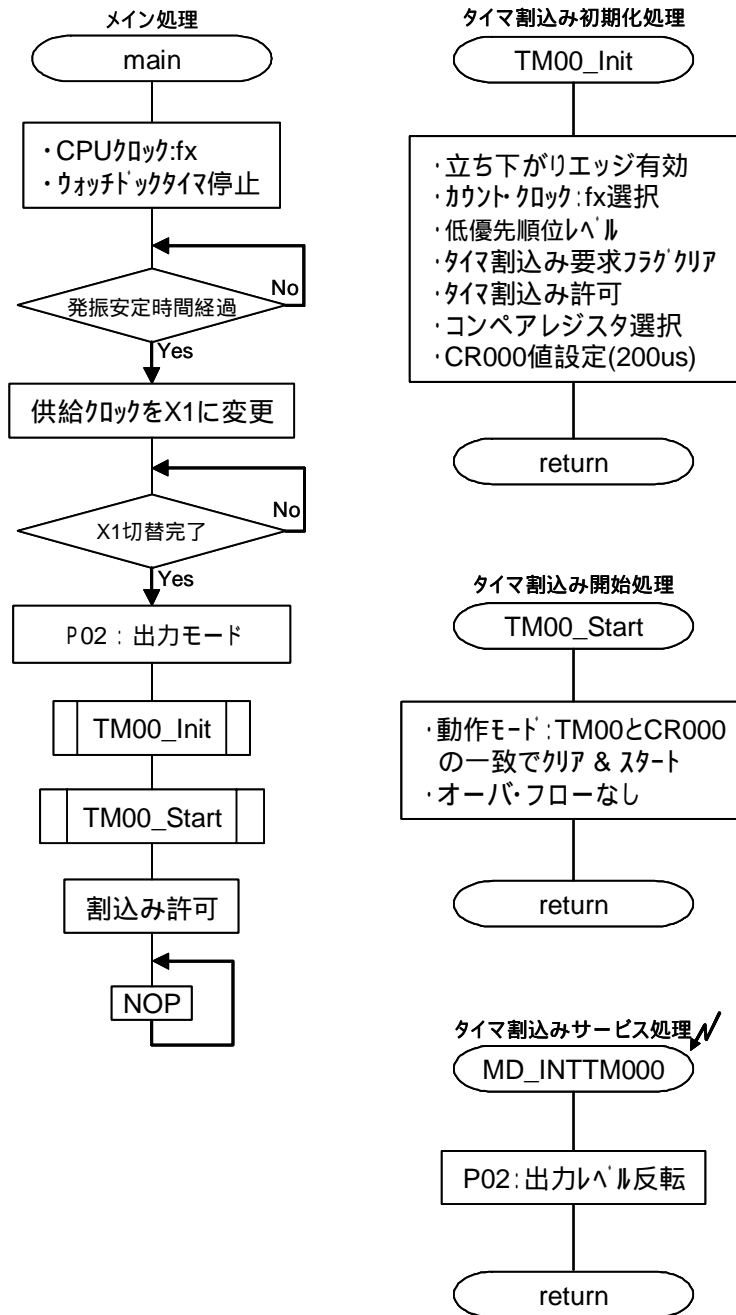
(2) ソフトウェア割り込み

BRK命令の実行によって発生するベクタ割り込みです。割り込み禁止状態でも受け付けられます。また、割り込み優先順位制御の対象になりません。

このプログラムは、タイマ00を使用して200us毎の割り込み処理内で、P02を反転出力させます。そしてメイン処理は、出力設定後無限ループにします。CPU供給クロックは、X1入力クロック(10MHz)を選択します。

16ビット・タイマ/イベント・カウンタ00を使用して、タイマ割り込みを発生させます。カウントクロックは10MHzを選択します。16ビット・タイマ・キャプチャ/コンペアレジスタ000(CR000)は1999に設定されています。タイマ動作開始後タイマカウンタがコンペアレジスタの設定時間(1999)と一致した時、タイマ割り込みが発生します。割り込み処理内ではP02の出力レベルを反転させます。

フローチャート



C 言語ソース

```
/*
*****
*
* Title: Interrupt
*
* Parameters: - fastest CPU clock (fx=10MHz)
*             - timer: 16-bit timer/event counter TMO0
*             - timer count clock: fx (10MHz)
*             - compare register value (CR000): 0x7cf
*             - interval time: 200us
*             - interrupt: INTTMO
*             - output port: port 0.2 (toggles every 200us)
*****
*/
#pragma sfr
#pragma NOP
#pragma EI

/*
-----
Specify Interrupt Vectors
-----
*/
#pragma interrupt INTTMO0 MD_INTTMO0

/*
-----
Constants/Variables
-----
*/

#define TM_TMO0_INTERVALVALUE 0x7cf

/*status list definition*/
#define TRUE 1
#define FALSE 0

void TMO0_Init( void );
void TMO0_Start( void );

/*
-----
Main Program
-----
*/

void main( void )
{
    PCC = 0x00;          /* CPU clock: fx */
    WDTM = 0x77;        /* Watchdog Timer Stop */

    /* Waiting for oscillation stable time */
    while( OSTC.0 == 0);
    MCMD = 1;          /* supply clock: X1 */
    /* Waiting for X1 clock change */
    while( MCS == 0 );

    PM0.2 = 0;        /* set P02 is output mode */

    TMO0_Init();      /* TMO0 initialization function */
    TMO0_Start();     /* TMO0 start function */
}
```

```

EI();                                /* Master interruption permission */

while(TRUE)                            /* Endless loop */
{
    NOP();
}

/*
-----
Functions Group
-----
*/

/*
-----
Abstract:
Initiate TMO0, select founction and input parameter
count clock selection, INT init
-----
*/
void TMO0_Init( void )
{
    PRMO0 = 0x00;                        /* internal count clock */
    /*timer00 interval*/

    TMPRO0 = 1;                          /* low priority level */
    TMIF00 = 0;                          /* request flag clear */
    TMMK00 = 0;                          /* INTTMO00 enable */

    CRC00 = 0x00;                        /* Operates as compare register */
    /* Captures on valid edge of TI010 */
    /* Operates as compare register */

    CRO00 = TM_TMO0_INTERVALVALUE;
}

/*
-----
Abstract:
Start the timer00 counter
-----
*/
void TMO0_Start( void )
{
    TMC00 = 0x0c;                        /* Clear & start occurs on match between TMO0 and CRO00 */
}

/*
-----
Abstract:
INTTMO0 interrupt service routine.
-----
*/
__interrupt void MD_INTTMO0( void )
{
    P0.2 ^= 1;                            /* Output level reversal */
}

```

アセンブリ言語ソース

```

;
;*****
;
; Title: Interrupt
;
; Parameters: - fastest CPU clock (fx=10MHz)
;             - timer: 16-bit timer/event counter TMO0
;             - timer count clock: fx (10MHz)
;             - compare register value (CR000): 0x7cf
;             - interval time: 200us
;             - interrupt: INTTMO
;             - output port: port 0.2 (toggles every 200us)
;
;*****
;
;-----
; Macro Define
;-----
;
TM_TMO0_INTERVALVALUE EQU 07CFH
;
;-----
; Specify Interrupt Vectors
;-----
;
RESET_VECTOR CSEG AT 0000h ; On reset, go to Start
              DW start
INTTMO0_VECTOR CSEG AT 0020h
              DW MD_INTTMO0
;
;-----
; Main Program
;-----
START CSEG

start:
    SEL RBO
    MOVW SP, #0FE20h
    MOV PCC, #00H ; CPU clock: fx
    MOV WDTM, #77H ; Watchdog Timer Stop

; Waiting for oscillation stable time
start01:
    BT OSTC.0, $start02
    BR $start01
start02:
    SET1 MCMO ; enable X1
; Waiting for X1 clock change
start03:
    BT MCS, $start04
    BR $start03
start04:
    CLR1 PM0.2
    CALL !TMO0_Init
    CALL !TMO0_Start
    EI

main: ; Endless loop
    NOP
    BR $main
;
;-----

```

```

;      Functions Group
;-----

;-----
; Abstract:
; Initiate TM00, select function and input parameter
; count clock selection, INT init
;-----
TM00_Init:

    MOV    PRM00, #00

    ; timer00 interval

    SET1   TMPR000
    CLR1   TMIF000
    CLR1   TMMK000

    MOV    CRC00, #00
    MOVW   CR000, #TM_TM00_INTERVALVALUE

    RET

;-----
; Abstract:
; Start the timer00 counter
;-----
TM00_Start:
    MOV    TMC00, #0CH

    RET

;-----
; Abstract:
; INTTM00 interrupts service routine.
;-----
MD_INTTM00:

    MOV1   CY, P0.2
    NOT1   CY
    MOV1   P0.2, CY

    RETI

END

```

3.15 キー割込み機能

ファイル名

- KEY_Return.asm (アセンブリ言語ソース)
- KEY_Return.c (C言語ソース)

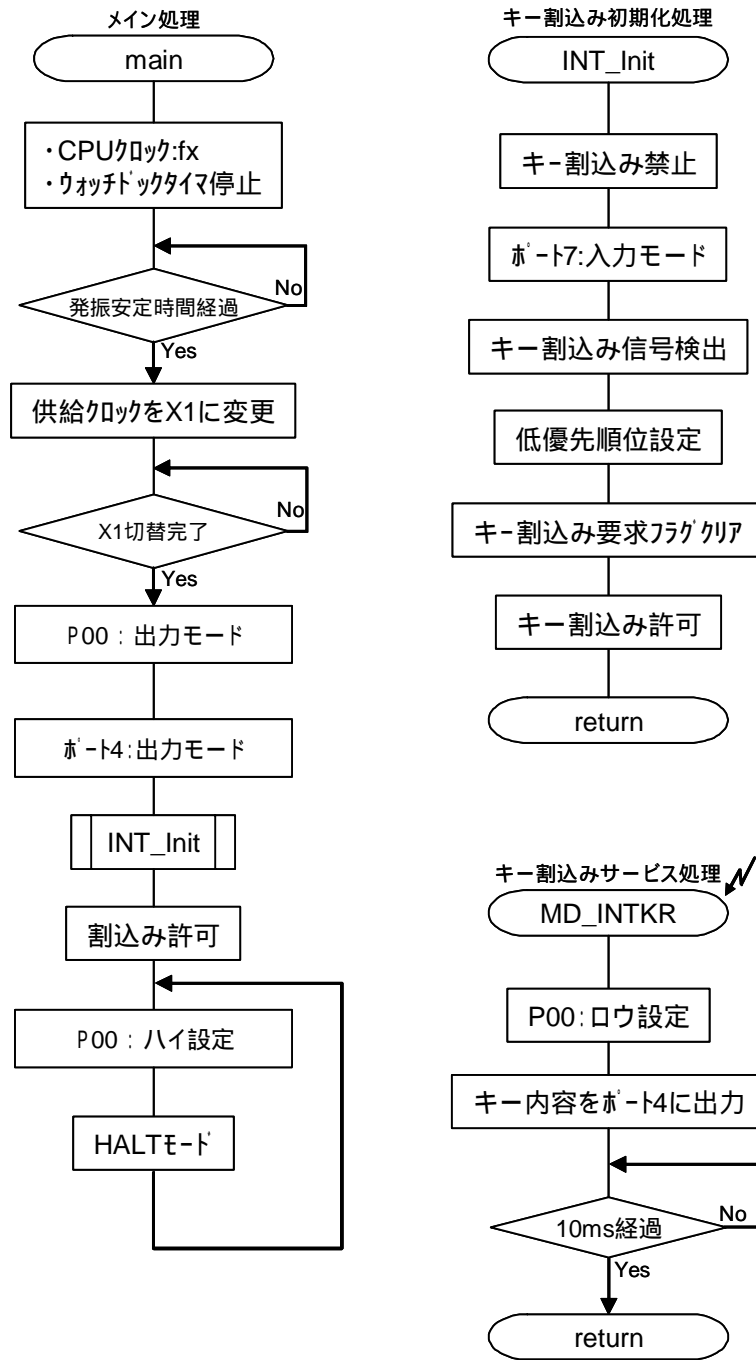
説明

キー・リターン・モード・レジスタ (KRM) の設定により、キー割込み入力端子 (KR0-KR7) に立ち下がりエッジを入力することによって、キー割込み (INTKR) を発生させることができます。

このプログラムは、P70/KR0～P77/KR7の8本をキーリターン入力用に設定し、HALTモードの解除として用います。キーリターンを検出したら、HALTを解除し割込み処理内でP00を10ms間Lowにします。またキーの内容をP40～P47に出力します。時間経過後メイン処理に復帰してP00をHighにしHALTモードに再び遷移させます。CPU供給クロックは、X1入力クロック(10MHz)を選択します。

初期設定として、キー割込み端子としてP70/KR0～P77/KR7の8本を指定します。またキーの入力には内蔵プルアップ抵抗オプションを使用します。メインループでは、P00をHighにしてからHALTモードに遷移するように設定されており、HALTモードの解除は、P70/KR0～P77/KR7のKEY入力を使用しています。INTKRの割込み処理内はP00をLowに設定しポート7の8ビットの入力データをポート4より出力させた後、約10msのwaitを行っています。

フローチャート



C 言語ソース

```
/*
*****
*
* Title: Key interruption
*
* Parameters: - fastest CPU clock (fx=10MHz)
*             - external interrupt: INTKR (falling edge)
*             input port: port7.0 (P70/KR0)
*             input port: port7.1 (P71/KR1)
*             input port: port7.2 (P72/KR2)
*             input port: port7.3 (P73/KR3)
*             input port: port7.4 (P74/KR4)
*             input port: port7.5 (P75/KR5)
*             input port: port7.6 (P76/KR6)
*             input port: port7.7 (P77/KR7)
*             - interrupt service routine delay: approximately 10ms
*             - output port: port0.0 (P00/TI000)
*             - output port: port4 (8bit)
*****
*/
#pragma sfr
#pragma NOP
#pragma EI
#pragma HALT

/*
-----
Specify Interrupt Vectors
-----
*/
#pragma interrupt INTKR MD_INTKR

/*
-----
Constants/Variables
-----
*/

/*status list definition*/
#define TRUE 1
#define FALSE 0

void INT_Init( void );

/*
-----
Main Program
-----
*/

void main( void )
{
    PCC = 0x00;          /* CPU clock: fx */
    WDTM = 0x77;        /* Watchdog Timer Stop */

    /* Waiting for oscillation stable time */
    while( OSTC.0 == 0);
    MCMD = 1;           /* supply clock: X1 */
    /* Waiting for X1 clock change */
    while( MCS == 0 );

    PM0.0 = 0;          /* set P00 output mode */
    PM4 = 0;           /* set P4 output mode */
}

```

NEC Electronics Corporation
2003

```

INT_Init();          /* INT initialization function */
EI();               /* Master interruption permission */

while(TRUE)        /* main loop */
{
    P0.0 = 1;      /* P00=1 */
    NOP();
    HALT();        /* HALT mode */
    NOP();
}

```

/*

Functions Group

*/

/*

Abstract:
Init the external INT, including enable or disable, priority setting.

*/

```

void INT_Init( void )
{
    KRMK = 1;          /* disable INTKR */

    PU7 = 0x0FF;      /* P7 pull up */
    PM7 = 0x0FF;      /* P7 input mode */

    KRM = 0x0FF;

    KRPR = 1;         /* priority :Low */
    KRIF = 0;         /* clear interrupt flag */
    KRMK = 0;         /* enable INTKR */
}

```

/*

Abstract:
INTKR Interrupt service routine.

*/

```

__interrupt void MD_INTKR( void )
{
    unsigned short i;

    P0.0 = 0;         /* P00=0 */
    P4 = P7;
    for(i=0 ; i<4600 ; i++); /* wait 10 ms */
}

```

アセンブリ言語ソース

```

;
;*****
;
; Title: Key interruption
;
; Parameters: - fastest CPU clock (fx=10MHz)
;             - external interrupt: INTKR (falling edge)
;             input port: port7.0 (P70/KR0)
;             input port: port7.1 (P71/KR1)
;             input port: port7.2 (P72/KR2)
;             input port: port7.3 (P73/KR3)
;             input port: port7.4 (P74/KR4)
;             input port: port7.5 (P75/KR5)
;             input port: port7.6 (P76/KR6)
;             input port: port7.7 (P77/KR7)
;             - interrupt service routine delay: approximately 10ms
;             - output port: port0.0 (P00/TI000)
;             - output port: port4 (8bit)
;
;*****

```

```

-----
;
; Specify Interrupt Vectors
;
-----

```

```

RESET_VECTOR  CSEG AT 0000h      ; On reset, go to Start
               DW      start
INTKR_VECTOR  CSEG AT 002ch
               DW      MD_INTKR

```

```

-----
;
; Main Program
;
-----

```

```

START         CSEG

start:
    SEL      RBO
    MOVW    SP, #0FE20h
    MOV     PCC, #00H      ; CPU clock: fx
    MOV     WDTM, #77H    ; Watchdog Timer Stop

; Waiting for oscillation stable time
start01:
    BT      OSTC.0, $start02
    BR     $start01
start02:
    SET1    MCMO          ; enable X1
; Waiting for X1 clock change
start03:
    BT      MCS, $start04
    BR     $start03
start04:
    CLR1    PM0.0
    MOV     PM4, #00H
    CALL    !INT_Init
    EI                      ; Enable interrupts

main:         ; main loop
    SET1    P0.0
    NOP
    HALT
    NOP
    BR     $main

```

```
-----  
;  
; Functions Group  
-----
```

```
-----  
; Abstract:  
; Init the external INT, including enable or disable, priority setting.  
-----
```

```
INT_Init:  
    SET1    KRMK                ; disable INTKR  
    MOV     PU7, #OFFH          ; P7 pull up  
    MOV     PM7, #OFFH  
    MOV     KRM, #OFFH  
  
    SET1    KRPR  
    CLR1    KRIF  
    CLR1    KRMK                ; enable INTKR  
  
    RET
```

```
-----  
; Abstract:  
; INTKR Interrupt service routine.  
-----
```

```
MD_INTKR:  
    SEL     RB1  
  
    CLR1    P0.0  
    MOV     A, P7  
    MOV     P4, A  
  
    MOVW    AX, #0000H  
MD_INTKR_01:  
    CMPW    AX, #4600            ; wait 10ms  
    BNC     $MD_INTKR_02  
    INCW    AX  
    BR     $MD_INTKR_01  
MD_INTKR_02:  
  
    RETI  
  
END
```

3.16 スタンバイ機能

3.16.1 HALT - タイマ割込みによる復帰

ファイル名

HALT_timer

- HALT_timer.asm (アセンブリ言語ソース)
- HALT_timer.c (C言語ソース)

説明

スタンバイ機能は、システムの消費電力をより低減するための機能で、次の2種類のモードがあります。

(1) HALTモード

HALTモードは、CPUの動作クロックを停止させるモードです。システム・クロック発振回路の発振は継続します。このモードでは、STOPモードほどの消費電流の低減はできませんが、割込み要求により、すぐに処理を再開したい場合や、間欠動作をさせたい場合に有効です。

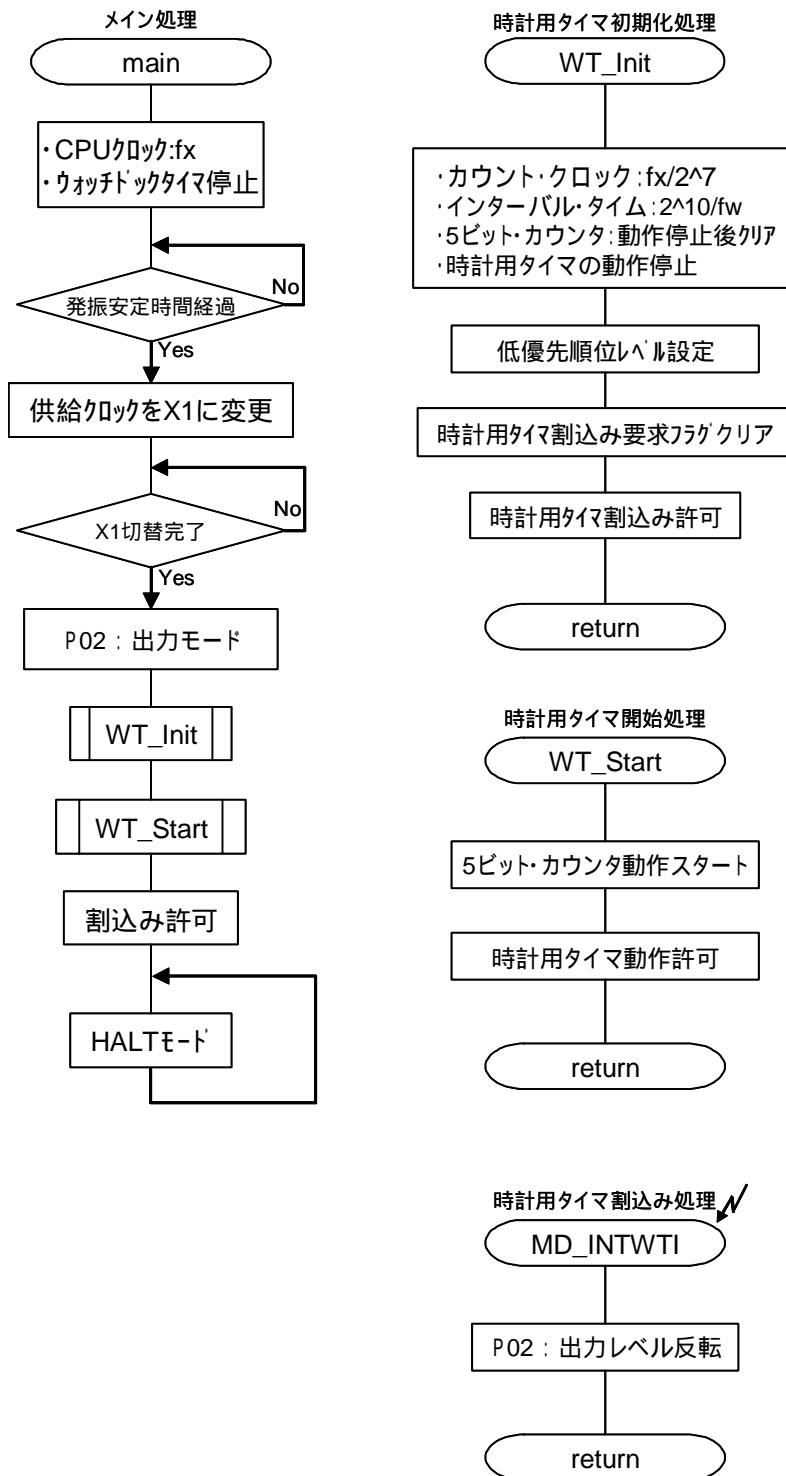
(2) STOPモード

STOPモードは、X1入力クロック発振回路を停止させ、システム全体が停止するモードです。CPUの消費電流を、かなり低減することができます。さらに、割込み要求によって解除できるため、間欠動作も可能です。ただし、STOPモード解除時に発振安定時間確保のためのウエイト時間がとられるため、割込み要求によって、すぐに処理を開始しなければならない場合にはHALTモードを選択してください。

このプログラムは、13ms 毎に HALT から復帰し、P02 を反転出力させます。(時計タイマのインターバルモードを使用) CPU 供給クロックは、X1 入力クロック(10MHz)を選択します。

初期設定で 13.1ms 毎に時計タイマ割込みを発生させるように、メインクロックを使用して時計タイマを設定します。メインループでは、HALT モードへの遷移が行われ、時計タイマ割込みにより解除します。割込み処理内にて P02 の出力レベルを反転させます。

フローチャート



C 言語ソース

```

/*
*****
*
* Title: The return from HALT by timer interruption
*
* Parameters: - fastest CPU clock (fx=10MHz)
*             - watch timer count clock: main clock
*             - watch timer overflow time: 13.1ms
*             - output port: port 0.2 (toggles every 13.1ms)
*****
*/
#pragma sfr
#pragma NOP
#pragma HALT
#pragma EI

/*
-----
Specify Interrupt Vectors
-----
*/
#pragma interrupt INTWTI MD_INTWTI

/*
-----
Constants/Variables
-----
*/

/*status list definition*/
#define TRUE 1
#define FALSE 0

void WT_Init( void );
void WT_Start( void );

/*
-----
Main Program
-----
*/

void main( void )
{
    PCC = 0x00;          /* CPU clock: fx */
    WDTM = 0x77;        /* Watchdog Timer Stop */

    /* Waiting for oscillation stable time */
    while( OSTC.0 == 0);
    MCMO = 1;           /* supply clock: X1 */
    /* Waiting for X1 clock change */
    while( MCS == 0 );

    PM0.2 = 0;          /* set P02 is output mode */

    WT_Init();          /* WT initialization function */
    WT_Start();         /* WT start function */

    EI();               /* Master interruption permission */

    while(TRUE)        /* main loop */
    {

```



```

        NOP();
        HALT();
        NOP();
    }
}

/*
-----
    Functions Group
-----
*/

/*
-----
Abstract:
    Initiate the watch timer, select its working mode, count clock,
    enable/disable interrupt etc through Configuration.
-----
*/
void WT_Init( void )
{
    WTM = 0x60;
    WTIPR = 1;
    WTIF = 0;
    WTIMK = 0;

    /* Disable Watch timer before change the setting */
    /* Set watch timer clock:fw=FX/2^7 */
    /* watch timer flag setting:2^14/fw(0.5s) */
    /* Interval timer prescaler setting:2^10/fw */

    /* priority : Low */
    /* request flag clear */
    /* INTWTI enable */
}

/*
-----
Abstract:
    Restart the watch timer after stopping.
-----
*/
void WT_Start( void )
{
    /*enable watch timer operation*/
    /*start the 5-bit counter*/
    WTM.1 = 1;
    WTM.0 = 1;
}

/*
-----
Abstract:
    INTTMO0 interrupt service routine.
-----
*/
__interrupt void MD_INTWTI( void )
{
    P0.2 ^= 1;
}

```

アセンブリ言語ソース

```

;
;*****
;
; Title: The return from HALT by timer interruption
;
; Parameters: - fastest CPU clock (fx=10MHz)
;             - watch timer count clock: main clock
;             - watch timer overflow time: 13.1ms
;             - output port: port 0.2 (toggles every 13.1ms)
;*****
;

```

```

;-----
; Specify Interrupt Vectors
;-----
;

```

```

RESET_VECTOR   CSEG AT 0000h           ; On reset, go to Start
                DW      start
INTWTI_VECTOR  CSEG AT 0028h
                DW      MD_INTWTI

```

```

;-----
; Main Program
;-----
;

```

```

START          CSEG

start:
    SEL        RBO
    MOVW       SP, #0FE20h
    MOV        PCC, #00H           ; CPU clock: fx
    MOV        WDTM, #77H         ; Watchdog Timer Stop

; Waiting for oscillation stable time
start01:
    BT         OSTC.0, $start02
    BR         $start01

start02:
    SET1       MC0                ; enable X1
; Waiting for X1 clock change
start03:
    BT         MCS, $start04
    BR         $start03

start04:
    CLR1       PM0.2
    CALL       !WT_Init
    CALL       !WT_Start
    EI

main:
; main loop
    NOP
    HALT
    NOP
    BR         $main

```

```

;-----
; Functions Group
;-----
;

```

```

;-----
; Abstract:
;

```

```
; Initiate the watch timer, select its working mode, count clock,  
; enable/disable interrupt etc through Configuration.
```

```
-----  
WT_Init:
```

```
    MOV    WTM, #60H          ; Disable Watch timer before change the setting  
                                ; Set watch timer clock:fw=FX/2^7  
                                ; watch timer flag setting:2^14/fw(0.5s)  
                                ; Interval timer prescaler setting:2^10/fw  
  
    SET1   WTIPR              ; priority : Low  
    CLR1   WTIIF              ; INTWTI enable  
    CLR1   WTIMK  
  
    RET
```

```
-----  
; Abstract:  
; Restart the watch timer after stopping.
```

```
-----  
WT_Start:
```

```
    ; enable watch timer operation  
    ; start the 5-bit counter  
    SET1   WTM.1  
    SET1   WTM.0  
  
    RET
```

```
-----  
; Abstract:  
; INTTMO0 interrupts service routine.
```

```
-----  
MD_INTWTI:
```

```
    MOV1   CY, P0.2  
    NOT1   CY  
    MOV1   P0.2, CY          ; Output level reversal  
  
    RETI
```

```
END
```

3.16.2 STOP - タイマ割込みによる復帰

ファイル名

STOP_timer

- STOP_timer.asm (アセンブリ言語ソース)
- STOP_timer.c (C言語ソース)

説明

スタンバイ機能は、システムの消費電力をより低減するための機能で、次の2種類のモードがあります。

(1) HALTモード

HALTモードは、CPUの動作クロックを停止させるモードです。システム・クロック発振回路の発振は継続します。このモードでは、STOPモードほどの消費電流の低減はできませんが、割込み要求により、すぐに処理を再開したい場合や、間欠動作をさせたい場合に有効です。

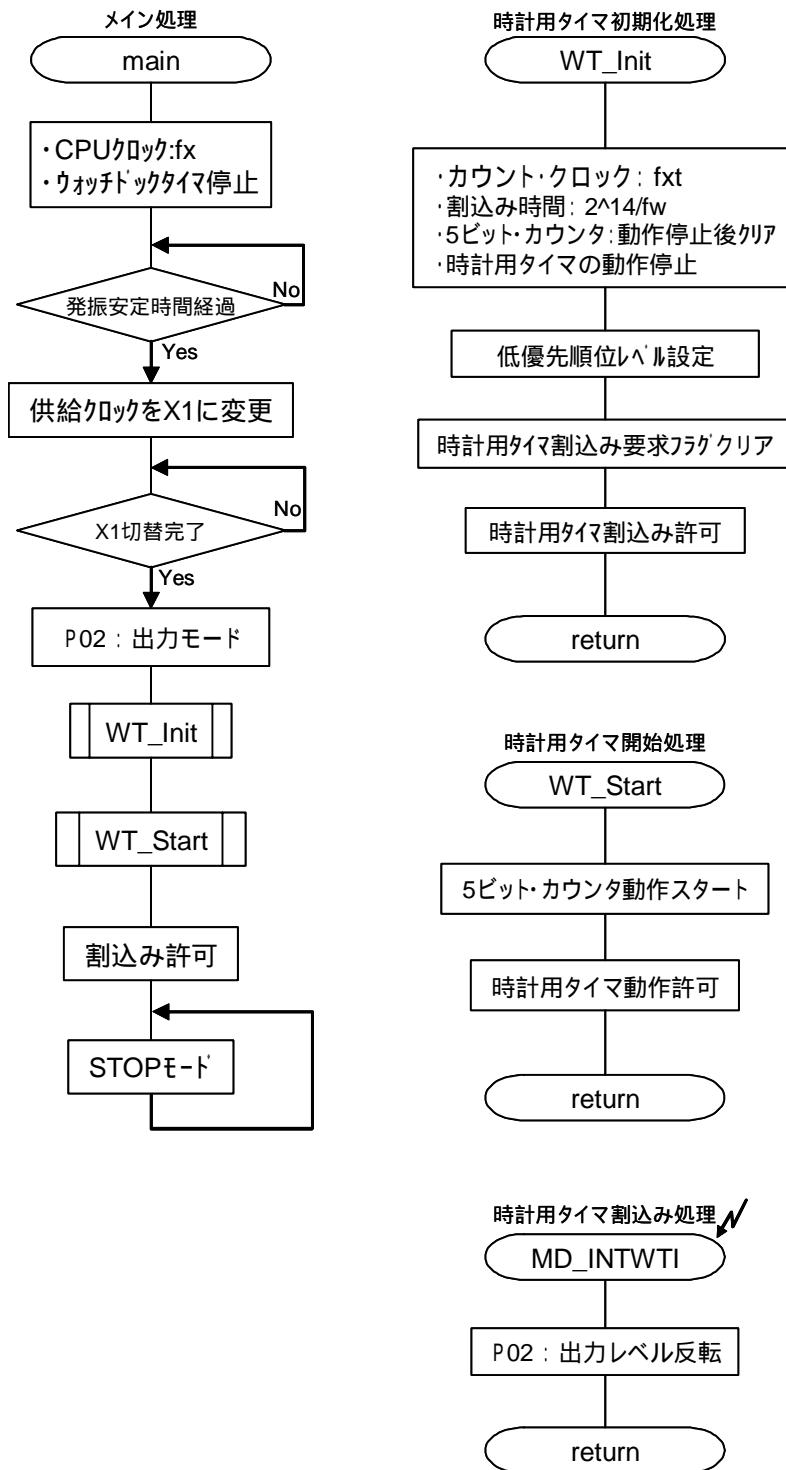
(2) STOPモード

STOPモードは、X1入力クロック発振回路を停止させ、システム全体が停止するモードです。CPUの消費電流を、かなり低減することができます。さらに、割込み要求によって解除できるため、間欠動作も可能です。ただし、STOPモード解除時に発振安定時間確保のためのウェイト時間がとられるため、割込み要求によって、すぐに処理を開始しなければならない場合にはHALTモードを選択してください。

このプログラムは、0.5us 毎の時計タイマ割込みで STOP から復帰し、割込み処理内で P02 を反転出力させます。(時計用タイマは SubCLK で動作させます)そして、メイン処理は、出力設定後無限ループにします。CPU 供給切替は、X1 入力切替(10MHz)を選択します。

初期設定で 0.5 μs 毎に時計タイマ割込みを発生させるように、サブクロックを使用して時計タイマを設定します。メインループでは、STOP モードへの遷移が行われ、時計タイマ割込みにより解除します。割込み処理内にて P02 の出力レベルを反転させます。

フローチャート



C 言語ソース

```
/*
*****
*
* Title: The return from STOP by timer interruption
*
* Parameters: - fastest CPU clock (fx=10MHz)
*             - watch timer count clock: subsystem clock
*             - watch timer overflow time: 0.5s
*             - output port: port 0.2 (toggles every 0.5s)
*****
*/
#pragma sfr
#pragma NOP
#pragma STOP
#pragma EI

/*
-----
Specify Interrupt Vectors
-----
*/
#pragma interrupt INTWT MD_INTWT

/*
-----
Constants/Variables
-----
*/

/*status list definition*/
#define TRUE 1
#define FALSE 0

void WT_Init( void );
void WT_Start( void );

/*
-----
Main Program
-----
*/

void main( void )
{
    PCC = 0x00;          /* CPU clock: fx */
    WDTM = 0x77;        /* Watchdog Timer Stop */

    /* Waiting for oscillation stable time */
    while( OSTC.0 == 0 );
    MCMO = 1;           /* supply clock: X1 */
    /* Waiting for X1 clock change */
    while( MCS == 0 );

    PM0.2 = 0;         /* set P02 is output mode */

    WT_Init();         /* WT initialization function */
    WT_Start();        /* WT start function */

    EI();              /* Master interruption permission */

    while(TRUE)        /* main loop */
    {

```

```

        NOP();
        STOP();
        NOP();
    }
}

/*
-----
    Functions Group
-----
*/

/*
-----
Abstract:
    Initiate the watch timer, select its working mode, count clock,
    enable/disable interrupt etc through Configuration.
-----
*/
void WT_Init( void )
{
    WTM = 0x80;
    WTPR=1;
    WTIF=0;
    WTMK=0;

    /* watch timer flag setting:2^14/fw(0.5s) */
    /* Interval timer prescaler setting:2^4/fw */
    /* Set watch timer clock:fw=fxt */

    /* Low priority level */
    /* No interrupt request signal is generated */
    /* Interrupt servicing enabled */
}

/*
-----
Abstract:
    Restart the watch timer after stopping.
-----
*/
void WT_Start( void )
{
    /*enable watch timer operation*/
    /*start the 5-bit counter*/
    WTM.1=1;
    WTM.0=1;
}

/*
-----
Abstract:
    INTTMO0 interrupt service routine.
-----
*/
__interrupt void MD_INTWT( void )
{
    P0.2 ^= 1;
}

```

アセンブリ言語ソース

```

;
;*****
;
; Title: The return from STOP by timer interruption
;
; Parameters: - fastest CPU clock (fx=10MHz)
;             - watch timer count clock: subsystem clock
;             - watch timer overflow time: 0.5s
;             - output port: port 0.2 (toggles every 0.5s)
;*****
;

```

```

;-----
; Specify Interrupt Vectors
;-----
;

```

```

RESET_VECTOR  CSEG AT 0000h      ; On reset, go to Start
              DW      start
INTWT_VECTOR  CSEG AT 002eh
              DW      MD_INTWT

```

```

;-----
; Main Program
;-----
;

```

```

START        CSEG

start:
    SEL      RBO
    MOVW    SP, #0FE20h
    MOV     PCC, #00H          ; CPU clock: fx
    MOV     WDTM, #77H        ; Watchdog Timer Stop

; Waiting for oscillation stable time
start01:
    BT      OSTC.0, $start02
    BR      $start01

start02:
    SET1    MCMD              ; enable X1
; Waiting for X1 clock change
start03:
    BT      MCS, $start04
    BR      $start03

start04:
    CLR1    PM0.2
    CALL    !WT_Init
    CALL    !WT_Start
    EI                      ; Master interruption permission

main:
; main loop
    NOP
    STOP    ; stop mode
    NOP
    BR      $main

```

```

;-----
; Functions Group
;-----
;

```

```

;-----
; Abstract:
;

```



```
; Initiate the watch timer, select its working mode, count clock,  
; enable/disable interrupt etc through Configuration.
```

```
-----  
WT_Init:
```

```
    MOV    WTM, #80H      ; Set watch timer clock:fw=fxt  
                        ; watch timer flag setting:2^14/fw(0.5s)  
                        ; Interval timer prescaler setting:2^4/fw
```

```
    ; INTWT enable
```

```
    SET1   WTPR
```

```
    CLR1   WTIF
```

```
    CLR1   WTMK
```

```
    RET
```

```
-----  
; Abstract:
```

```
; Restart the watch timer after stopping.
```

```
-----  
WT_Start:
```

```
    ; enable watch timer operation
```

```
    ; start the 5-bit counter
```

```
    SET1   WTM.1
```

```
    SET1   WTM.0
```

```
    RET
```

```
-----  
; Abstract:
```

```
; INTTM00 interrupts service routine.
```

```
-----  
MD_INTWT:
```

```
    MOV1   CY, P0.2
```

```
    NOT1   CY
```

```
    MOV1   P0.2, CY      ; Output level reversal
```

```
    RETI
```

```
END
```

3.16.3 STOP - 端子割込みによる復帰

ファイル名

STOP_pin

- STOP_pin.asm (アセンブリ言語ソース)
- STOP_pin.c (C言語ソース)

説明

スタンバイ機能は、システムの消費電力をより低減するための機能で、次の2種類のモードがあります。

(1) HALTモード

HALTモードは、CPUの動作クロックを停止させるモードです。システム・クロック発振回路の発振は継続します。このモードでは、STOPモードほどの消費電流の低減はできませんが、割込み要求により、すぐに処理を再開したい場合や、間欠動作をさせたい場合に有効です。

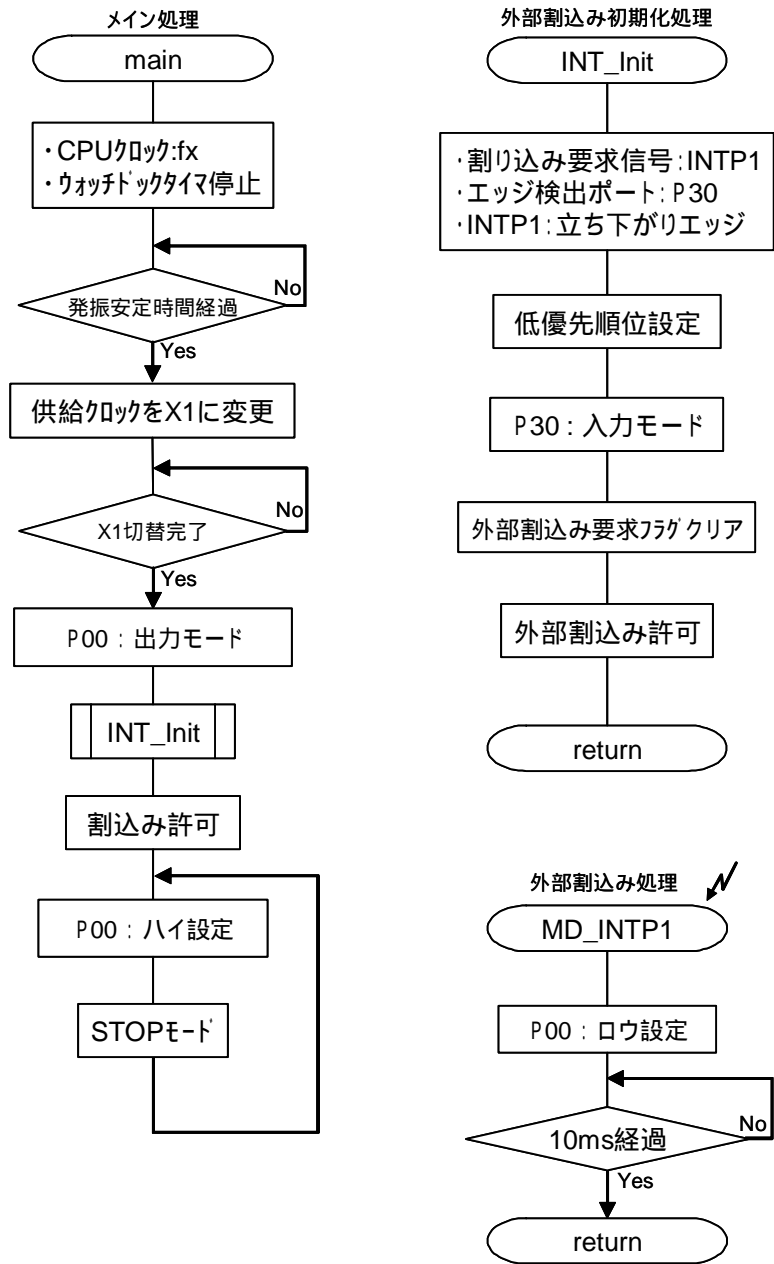
(2) STOPモード

STOPモードは、X1入力クロック発振回路を停止させ、システム全体が停止するモードです。CPUの消費電流を、かなり低減することができます。さらに、割込み要求によって解除できるため、間欠動作も可能です。ただし、STOPモード解除時に発振安定時間確保のためのウェイト時間がとられるため、割込み要求によって、すぐに処理を開始しなければならない場合にはHALTモードを選択してください。

このプログラムは、INTP1の立下りにて、STOPモードを解除させP00を10msの間Lowにします。時間経過後、P00をHighにしてSTOPモードへ遷移させます。そしてメイン処理は、出力設定後無限ループにします。CPU供給クロックは、X1入力クロック(10MHz)を選択します。

初期設定でINTP1の立ち下がりで端子割込みを発生させるように設定します。メインループでは、P00をHighにしてSTOPモードへの遷移が行われ、端子割込みにより解除します。端子割込み処理内ではP00をLowに設定した後、約10msのwaitを行っています。

フローチャート



C 言語ソース

```
/*
*****
*
* Title: The return from STOP by terminal interruption
*
* Parameters: - fastest CPU clock (fx=10MHz)
*             - external interrupt: INTP1 (falling edge)
*             - interrupt service routine delay: approximately 10ms
*             - output port: port0.0 (P00/TI000)
*****
*/
#pragma sfr
#pragma NOP
#pragma EI
#pragma STOP

/*
-----
Specify Interrupt Vectors
-----
*/
#pragma interrupt INTP1 MD_INTP1

/*
-----
Constants/Variables
-----
*/

/*status list definition*/
#define TRUE      1
#define FALSE    0

void INT_Init( void );

/*
-----
Main Program
-----
*/

void main( void )
{
    PCC = 0x00;          /* CPU clock: fx */
    WDTM = 0x77;        /* Watchdog Timer Stop */

    /* Waiting for oscillation stable time */
    while( OSTC.0 == 0);
    MCMO = 1;           /* supply clock: X1 */
    /* Waiting for X1 clock change */
    while( MCS == 0 );

    PM0.0 = 0;          /* set P00 is output mode */
    INT_Init();         /* INT initialization function */
    EI();               /* Master interruption permission */

    while(TRUE)        /* main loop */
    {
        P0.0 = 1;       /* P00=1 */
        NOP();
        STOP();         /* stop mode */
        NOP();
    }
}
```

```

}

/*
-----
  Functions Group
-----
*/

/*
-----
Abstract:
  Init the external INT, including enable or disable, priority setting.
-----
*/
void INT_Init( void )
{
    EGP.1 = 0;           /* Falling edge set */
    EGN.1 = 1;

    PPR1 = 1;           /* Low priority level */
    PM3.0 = 1;          /* set P30 input mode */
    PIF1 = 0;           /* No interrupt request signal is generated */
    PMK1 = 0;           /* Interrupt servicing enabled */
}

/*
-----
Abstract:
  INTP1 Interrupt service routine.
-----
*/
__interrupt void MD_INTP1( void )
{
    unsigned short i;

    P0.0 = 0;           /* P00=0 */
    for(i=0 ; i<4600 ; i++); /* wait 10 ms */
}

```

アセンブリ言語ソース

```

;
;*****
;
; Title: The return from STOP by terminal interruption
;
; Parameters: - fastest CPU clock (fx=10MHz)
;             - external interrupt: INTP1 (falling edge)
;             - interrupt service routine delay: approximately 10ms
;             - output port: port0.0 (P00/TI000)
;*****
;

```

```

;-----
; Specify Interrupt Vectors
;-----
;

```

```

RESET_VECTOR  CSEG AT 0000h      ; On reset, go to Start
              DW      start
INTP1_VECTOR  CSEG AT 0008h
              DW      MD_INTP1

```

```

;-----
; Main Program
;-----
;

```

```

START        CSEG

start:
    SEL      RBO
    MOVW    SP, #0FE20h
    MOV     PCC, #00H      ; CPU clock: fx
    MOV     WDTM, #77H    ; Watchdog Timer Stop

; Waiting for oscillation stable time
start01:
    BT      OSTC.0, $start02
    BR      $start01

start02:
    SET1    MCMD          ; enable X1
; Waiting for X1 clock change
start03:
    BT      MCS, $start04
    BR      $start03

start04:
    CLR1    PM0.0
    CALL    !INT_Init
    EI          ; Enable interrupts

main:
    SET1    P0.0
    NOP
    STOP
    NOP
    BR     $main

```

```

;-----
; Functions Group
;-----
;

```

```

;-----
; Abstract:
;

```

```
; Init the external INT, including enable or disable, priority setting.
```

```
-----  
INT_Init:
```

```
    CLR1    EGP.1  
    SET1    EGN.1  
    SET1    PPR1  
    SET1    PM3.0  
    CLR1    PIF1  
    CLR1    PMK1                ; enable INTP1  
  
    RET
```

```
-----  
; Abstract:  
; INTP1 Interrupt service routine.  
-----
```

```
MD_INTP1:
```

```
    SEL     RB1  
  
    CLR1    P0.0  
  
    MOVW    AX, #0000H  
MD_INTP1_01:  
    CMPW    AX, #4600          ; wait 10ms  
    BNC     $MD_INTP1_02  
    INCW    AX  
    BR      $MD_INTP1_01  
MD_INTP1_02:  
  
    RETI  
  
END
```

3.17 クロック・モニタ

ファイル名

- CLK_Monitor.asm (アセンブリ言語ソース)
- CLK_Monitor.c (C言語ソース)

説明

内蔵のRing-OSCにて、X1入力クロックのサンプリングを行い、X1入力クロックの発振停止時に、内部リセット信号を発生する、という機能を持ちます。

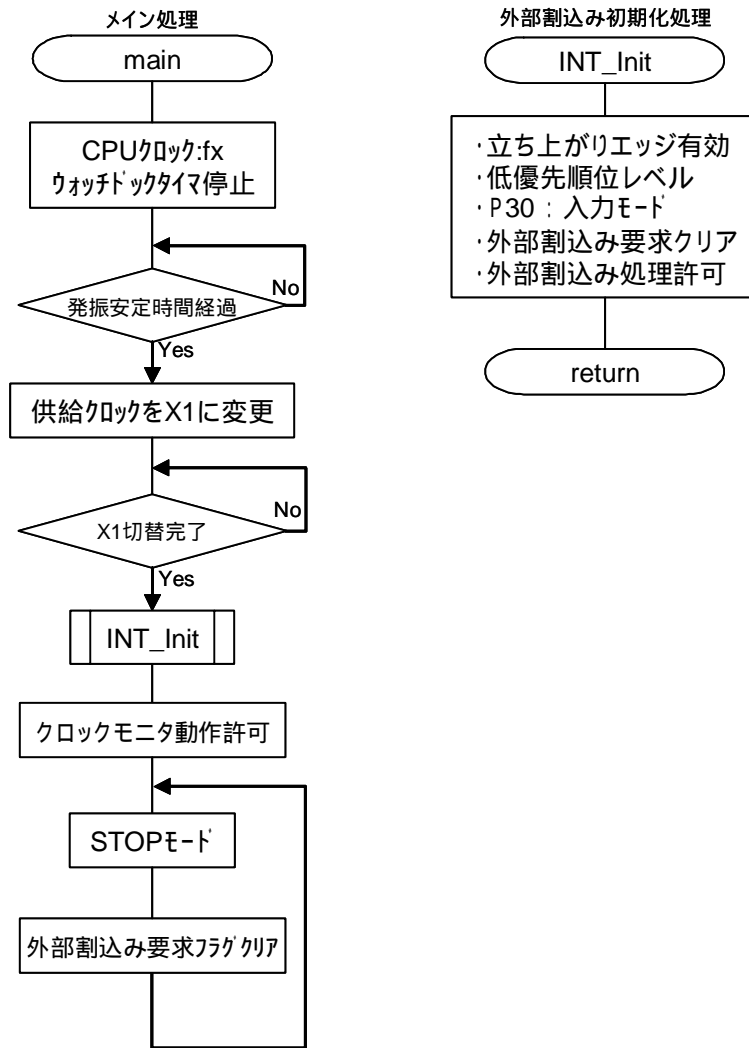
次の条件のとき、クロック・モニタは自動的に停止します。

- ・STOPモード時～発振安定時間
- ・ソフトウェアによりX1入力クロック停止時 (MSTOP=1またはMCC = 1のとき)
- ・リセット解除後の発振安定時間
- ・Ring-OSCクロック停止時

このプログラムは、CLK モニタ機能を設定した状態でSTOP モードにし、INTP1の立ち上がりでSTOP モードを解除するのを繰り返します。そしてメイン処理は、出力設定後 無限ループにします。CPU 供給加減は、X1 入力加減(10MHz)を選択します。

初期設定にてCLME をセットし、CLK モニタ機能を設定します。メインループにて、STOP モードへ遷移させます。STOP モードの解除は、INTP1 の立ち上がりエッジで行いますが、割込みは使用せずにメインループを継続して実行させます。

フローチャート



C 言語ソース

```
/*
*****
*
* Title: Clock Monitor
*
* Parameters: - fastest CPU clock (fx=10MHz)
*             - external interrupt: INTP1 (Rising edge)
*
*****
*/
#pragma sfr
#pragma NOP
#pragma EI
#pragma STOP

/*
-----
  Constants/Variables
-----
*/

/*status list definition*/
#define TRUE      1
#define FALSE    0

void INT_Init( void );

/*
-----
  Main Program
-----
*/

void main( void )
{
    PCC = 0x00;           /* CPU clock: fx */
    WDTM = 0x77;         /* Watchdog Timer Stop */

    /* Waiting for oscillation stable time */
    while( OSTC.0 == 0);
    MCMO = 1;            /* supply clock: X1 */
    /* Waiting for X1 clock change */
    while( MCS == 0 );

    INT_Init();          /* INT initialization function */
    CLME = 1;            /* clock monitor enable */

    while(TRUE)         /* main loop */
    {
        NOP();
        STOP();          /* Stop mode */
        NOP();
        PIF1 = 0;        /* request flag clear */
    }
}

/*
-----
  Functions Group
-----
*/

/*
```

Abstract:

Init the external INT, including enable or disable, priority setting.

```
*/  
void INT_Init( void )  
{  
    /* INTP1 select rising edge */  
    EGP = 0x02;  
    EGN = 0x00;  
  
    PPR1 = 1;           /* priority: Low */  
    PM3.0 = 1;        /* set P30 input mode */  
    PIF1 = 0;         /* request flag clear */  
    PMK1 = 0;         /* enable INTP1 */  
}
```

アセンブリ言語ソース

```

;
;*****
;
; Title: Clock Monitor
;
; Parameters: - fastest CPU clock (fx=10MHz)
;            - external interrupt: INTP1 (Rising edge)
;*****
;
;-----
;           Specify Interrupt Vectors
;-----
RESET_VECTOR   CSEG AT 0000h           ; On reset, go to Start
                DW      start

;-----
;           Main Program
;-----
START          CSEG

start:
    SEL        RBO
    MOVW       SP, #0FE20h
    MOV        PCC, #00H              ; CPU clock: fx
    MOV        WDTM, #77H            ; Watchdog Timer Stop

; Waiting for oscillation stable time
start01:
    BT         OSTC.0, $start02
    BR         $start01
start02:
    SET1       MCMO                  ; enable X1
; Waiting for X1 clock change
start03:
    BT         MCS, $start04
    BR         $start03
start04:
    CALL       !INT_Init
    SET1       CLME                  ; clock monitor enable

main:
; main loop
    NOP
    STOP      ; Stop mode
    NOP
    CLR1      PIF1                  ; request flag clear
    BR        $main

;-----
;           Functions Group
;-----

;-----
; Abstract:
; Init the external INT, including enable or disable, priority setting.
;-----
INT_Init:
    MOV        EGP, #02H
    MOV        EGN, #00H

```

```
SET1 PPR1 ; priority: Low
SET1 PM3.0 ; set P30 input mode
CLR1 PIF1
CLR1 PMK1 ; enable INTP1

RET

END
```

3.18 低電圧検出回路

ファイル名

- Lvi.asm (アセンブリ言語ソース)
- Lvi.c (C言語ソース)

説明

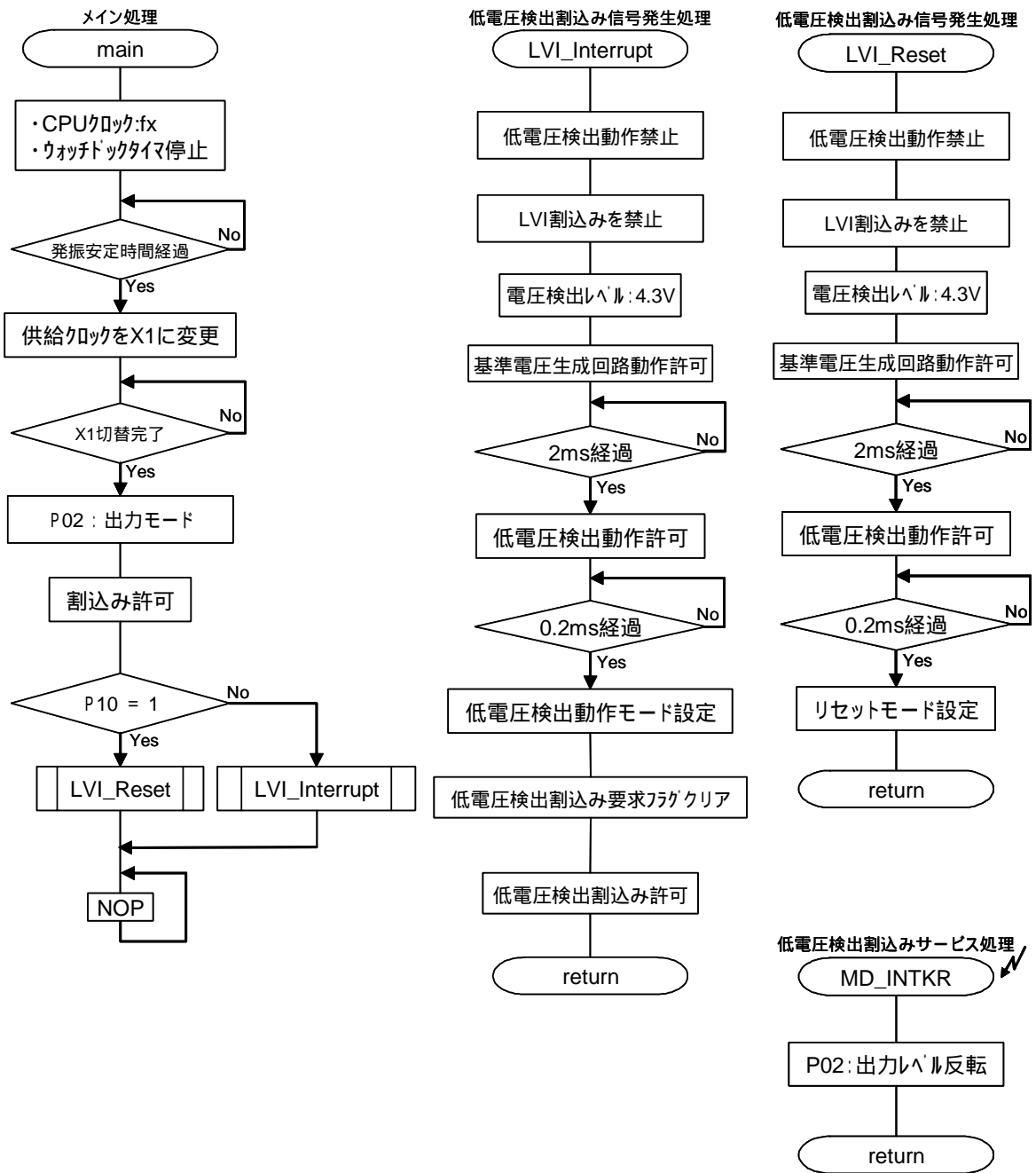
低電圧検出 (LVI) 回路は次のような機能を持ちます。

- ・電源電圧 (VDD) と検出電圧 (VLVI) を比較し、 $VDD < VLVI$ になったとき、内部割込み信号もしくは内部リセット信号を発生します。
- ・電源電圧の検出レベル (5段階) をソフトウェアにて変更できます。
- ・割込み/リセットをソフトウェアにて選択できます。
- ・STOPモード時において動作可能です。

このプログラムは、メイン処理において P10 が High の時、内部リセット信号モード、P10 が Low の時、割込み信号発生モードを選択します。CPU 供給クロックは、X1 入力クロック(10MHz)を選択します。

P10 の入力レベルを判断して内部リセット信号モードと割込み信号発生モードを切り替えます。P10=1 の時、内部リセット信号モードを選択し、検出電圧が 4.3V 未満になった時に内部リセットを発生させます。P10=0 の時、割込み信号発生モードを選択し、検出電圧が 4.3V 未満になった時に低電圧検出割込みを発生させます。割込み処理内で P02 の出力レベルを反転させます。

フローチャート



C 言語ソース

```
/*
*****
*
* Title: Low voltage detection circuit
*
* Parameters: - fastest CPU clock (fx=10MHz)
*             - reset mode when port 1.0 = 1
*             - interrupt mode when port 1.0 = 0
*****
*/
#pragma sfr
#pragma NOP
#pragma EI

/*
-----
Specify Interrupt Vectors
-----
*/
#pragma interrupt INTLVI MD_INTLVI

/*
-----
Constants/Variables
-----
*/

/*status list definition*/
#define TRUE      1
#define FALSE    0

void LVI_Reset( void );
void LVI_Interrupt( void );

/*
-----
Main Program
-----
*/

void main( void )
{
    PCC = 0x00;           /* CPU clock: fx */
    WDTM = 0x77;         /* Watchdog Timer Stop */

    /* Waiting for oscillation stable time */
    while( OSTC.0 == 0);
    MCMO = 1;           /* supply clock: X1 */
    /* Waiting for X1 clock change */
    while( MCS == 0 );

    PM0.2 = 0;          /* set P02 output mode */
    EI();               /* Master interruption permission */

    /* control port level judge */
    if( P1.0 == 1 ){
        LVI_Reset();    /* LVI reset function */
    }
    else{
        LVI_Interrupt(); /* LVI interrupt function */
    }
}
```



```

while(TRUE)                                /* Endless loop */
{
    NOP();
}

/*
-----
  Functions Group
-----
*/

/*
-----
Abstract:
  This function initializes the Low-Voltage Detector.
  Initial LVI function according to the configuration setting.
-----
*/

void LVI_Interrupt( void )
{
    unsigned short i;

    LVIM = 0x00;                            /* stop/init LVI */
    LVIMK = 1;                              /* mask LVI interrupt */

    LVIS = 0x00;                            /* compare with 4.3V */

    LVIE = 1;
    for( i=0 ; i<=1000 ; i++ );            /* wait 2 ms */

    LVION = 1;                              /* enable LVI operation */
    for( i=0 ; i<=100 ; i++ );             /* wait 0.2 ms */

    LVIMD = 0;                              /* internal interrupt mode */

    LVIPR = 1;                              /* Low priority level */
    LVIIIF = 0;                             /* No interrupt request signal is generated */
    LVIMK = 0;                              /* Interrupt servicing enabled */

}

/*
-----
Abstract:
  This function initializes the Low-Voltage Detector.
  Initial LVI function according to the configuration setting.
-----
*/

void LVI_Reset( void )
{
    unsigned short i;

    LVIM = 0x00;                            /* stop/init LVI */
    LVIMK = 1;                              /* Interrupt servicing disabled */

    LVIS = 0x00;                            /* compare with 4.3V */

    LVIE = 1;
    for( i=0 ; i<=1000 ; i++ );            /* wait 2 ms */

    LVION = 1;                              /* enable LVI operation */
    for( i=0 ; i<=100 ; i++ );             /* wait 0.2 ms */

    LVIMD = 1;                              /* reset mode */

}

```

```
/*
-----
Abstract:
  INTLVI interrupt service routine.
-----
*/
__interrupt void MD_INTLVI( void )
{
  P0.2 ^= 1;          /* Output level reversal */
}
```

アセンブリ言語ソース

```
;  
;*****  
; Title: Low voltage detection circuit  
; Parameters: - fastest CPU clock (fx=10MHz)  
;             - reset mode when port 1.0 = 1  
;             - interrupt mode when port 1.0 = 0  
;*****
```

```
-----  
; Specify Interrupt Vectors  
-----
```

```
RESET_VECTOR   CSEG AT 0000h   ;On reset, go to Start  
               DW      start  
INTLVI_VECTOR  CSEG AT 0004h  
               DW      MD_INTLVI
```

```
-----  
; Main Program  
-----
```

```
START          CSEG
```

```
start:
```

```
    SEL        RBO  
    MOVW       SP, #0FE20h  
    MOV        PCC, #00H           ; CPU clock: fx  
    MOV        WDTM, #77H         ; Watchdog Timer Stop
```

```
; Waiting for oscillation stable time
```

```
start01:
```

```
    BT         OSTC.0, $start02  
    BR         $start01
```

```
start02:
```

```
    SET1       MCMO                ; enable X1
```

```
; Waiting for X1 clock change
```

```
start03:
```

```
    BT         MCS, $start04  
    BR         $start03
```

```
start04:
```

```
main:
```

```
    CLR1       PM0.2  
    EI
```

```
    BF         P1.0, $main01  
    CALL       !LVI_Reset  
    BR         $main02
```

```
main01:
```

```
    CALL       !LVI_Interrupt
```

```
main02:
```

```
    NOP  
    BR         $main02           ; Endless loop
```

```
-----  
; Functions Group  
-----
```

```
-----
```

```

; Abstract:
;   This function initializes the Low-Voltage Detector.
;   Initial LVI function according to the configuration setting.
;-----
LVI_Interrupt:
    MOV    LVIM, #00H           ;stop/init LVI
    SET1   LVIMK                ;mask LVI interrupt
    MOV    LVIS, #00H          ;compare with 4.3V
    SET1   LVIE

    MOVW   AX, #0000H

LVI_Interrupt01:
    CMPW   AX, #1000           ;wait 2 ms
    BNC    $LVI_Interrupt02
    INCW   AX
    BR     $LVI_Interrupt01

LVI_Interrupt02:
    SET1   LVION                ;enable LVI operation

    MOVW   AX, #0000H

LVI_Interrupt03:
    CMPW   AX, #100            ;wait 0.2 ms
    BNC    $LVI_Interrupt04
    INCW   AX
    BR     $LVI_Interrupt03

LVI_Interrupt04:
    CLR1   LVIMD                ;internal interrupt mode
    SET1   LVIPR
    CLR1   LVIIF
    CLR1   LVIMK

    RET

```

```

;-----
; Abstract:
;   This function initializes the Low-Voltage Detector.
;   Initial LVI function according to the configuration setting.
;-----
LVI_Reset:
    MOV    LVIM, #00H           ;stop/init LVI
    SET1   LVIMK                ;mask LVI interrupt
    MOV    LVIS, #00H          ;compare with 4.3V
    SET1   LVIE

    MOVW   AX, #0000H

LVI_Reset01:
    CMPW   AX, #1000           ;wait 2 ms
    BNC    $LVI_Reset02
    INCW   AX
    BR     $LVI_Reset01

LVI_Reset02:
    SET1   LVION                ;enable LVI operation

    MOVW   AX, #0000H

LVI_Reset03:
    CMPW   AX, #100            ;wait 0.2 ms
    BNC    $LVI_Reset04
    INCW   AX
    BR     $LVI_Reset03

LVI_Reset04:
    SET1   LVIMD                ;reset mode

    RET

```

```
;-----  
; Abstract:  
; INTLVI interrupts service routine.  
;-----  
MD_INTLVI:  
    MOV1    CY, P0.2  
    NOT1    CY  
    MOV1    P0.2, CY          ; Output level reversal  
  
    RETI  
  
END
```

3.19 リセット・アウト

ファイル名

- Reset_Out.asm (アセンブリ言語ソース)
- Reset_Out.c (C言語ソース)

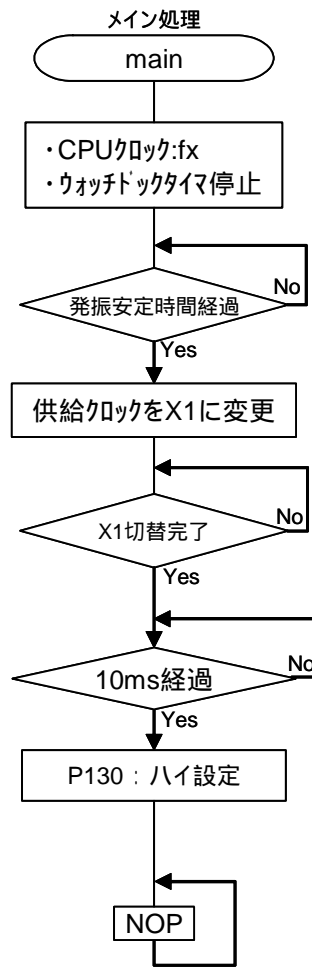
説明

出力専用ポートのP130(ビット値:0)を使用し、リセット時の外部へのリセット信号出力動作を行う。

このプログラムは、リセット解除後、P130 から 10ms 間 Low の波形を一回出力します。そしてメイン処理は、出力設定後無限ループにします。CPU 供給クロックは、X1 入力クロック(10MHz)を選択します。

リセット解除後、動作クロックをメインクロック(X1)に切り替えます。その後、約 10ms の wait 処理を行います。そして時間経過後に P130 の出力レベルを High にする。

フローチャート



C 言語ソース

```
/*
*****
*
* Title: Reset signal output
*
* Parameters: - fastest CPU clock (fx=10MHz)
*             - port 13.0 outputs
*
*****
*/
#pragma sfr
#pragma NOP
#pragma EI

/*
-----
  Constants/Variables
-----
*/

/*status list definition*/
#define TRUE      1
#define FALSE    0

/*
-----
  Main Program
-----
*/

void main( void )
{
    unsigned short  i;

    PCC = 0x00;          /* CPU clock: fx */
    WDTM = 0x77;        /* Watchdog Timer Stop */

    /* Waiting for oscillation stable time */
    while( OSTC.0 == 0 );
    MCMD = 1;           /* supply clock: X1 */
    /* Waiting for X1 clock change */
    while( MCS == 0 );

    for(i=0 ; i<4600 ; i++); /* wait 10ms */
    P13.0 = 1;             /* P130=1 */

    while(TRUE)          /* Endless loop */
    {
        NOP();
    }
}
```


アセンブリ言語ソース

```
;
;*****
;
; Title: Reset signal output
;
; Parameters: - fastest CPU clock (fx=10MHz)
;             - port 13.0 outputs
;*****
;
;-----
;           Specify Interrupt Vectors
;-----
RESET_VECTOR  CSEG AT 0000h      ; On reset, go to Start
              DW      start

;-----
;           Main Program
;-----
START         CSEG

start:
    SEL      R0
    MOVW    SP, #0FE20h
    MOV     PCC, #00H           ; CPU clock: fx
    MOV     WDTM, #77H        ; Watchdog Timer Stop

; Waiting for oscillation stable time
start01:
    BT      OSTC.0, $start02
    BR      $start01

start02:
    SET1    MCMO                ; enable X1
; Waiting for X1 clock change
start03:
    BT      MCS, $start04
    BR      $start03

start04:
    MOVW    AX, #0000H

start05:
    CMPW    AX, #4600           ; wait 10ms
    BNC     $start06
    INCW    AX
    BR      $start05

start06:
    SET1    P13.0

main:
; Endless loop
    NOP
    BR     $main

END
```