温度計(LM35DZ直結)(PIC16F876)

概要

LM35DZを使用した温度計を良く見かけます。そこでは大抵LM35DZの出力をオペアンプを利用して、10倍に 増幅してから処理をしています。 <10倍に増幅するメリット>

- 温度係数が、10.0mV/℃と小さいので10倍にすると温度係数を100.0mV/℃とすることが出来る。
- そうすることにより、小数点以下の単位まで温度を測定することが出来る。
- つまりPICのA/Dの精度では、最小単位が約5mVなので(A/DのVref+が5Vの場合5mV≒5V÷1023)
  - 増幅をしないと、0.5℃が限度となるが、
  - 10倍に増幅すると、0.05℃までの精度で測定が可能となる。

<10倍に増幅するデメリット>

- 部品点数(オペアンプ+抵抗)が多くなる。
- 増幅率を10倍に精度よく調整するのは結構難儀。
- 温度測定範囲が0~50℃(5V≒50×100mV)と半減してしまう。

0.05℃までの精度を求めると増幅も致し方無いのですが、増幅をしなくても、もう少し精度(せめて倍)を上げる ことはできないものでしょうか?

<LM35DZの規格>

- 摂氏(℃)に比例(直読可能)した電圧出力(例:20℃のとき、出力200mV)
- 測定温度範囲:0~100℃
- 精度:±1℃
- 温度係数:10.0mV/℃
- 電源電圧:DC4V~20V低消費電流:60μA
- 低出力インピーダンス:0.1Ω

動作原理

A/D変換のVref+が5Vの場合には、最小分解能が　5mV(5V÷1023)となりますがPICの規格ではVref+を2.5Vまで下げることが出来るので、最小分解能を、≒2.5mVとすることができ、単純に倍の精度を得ることが出来ます。

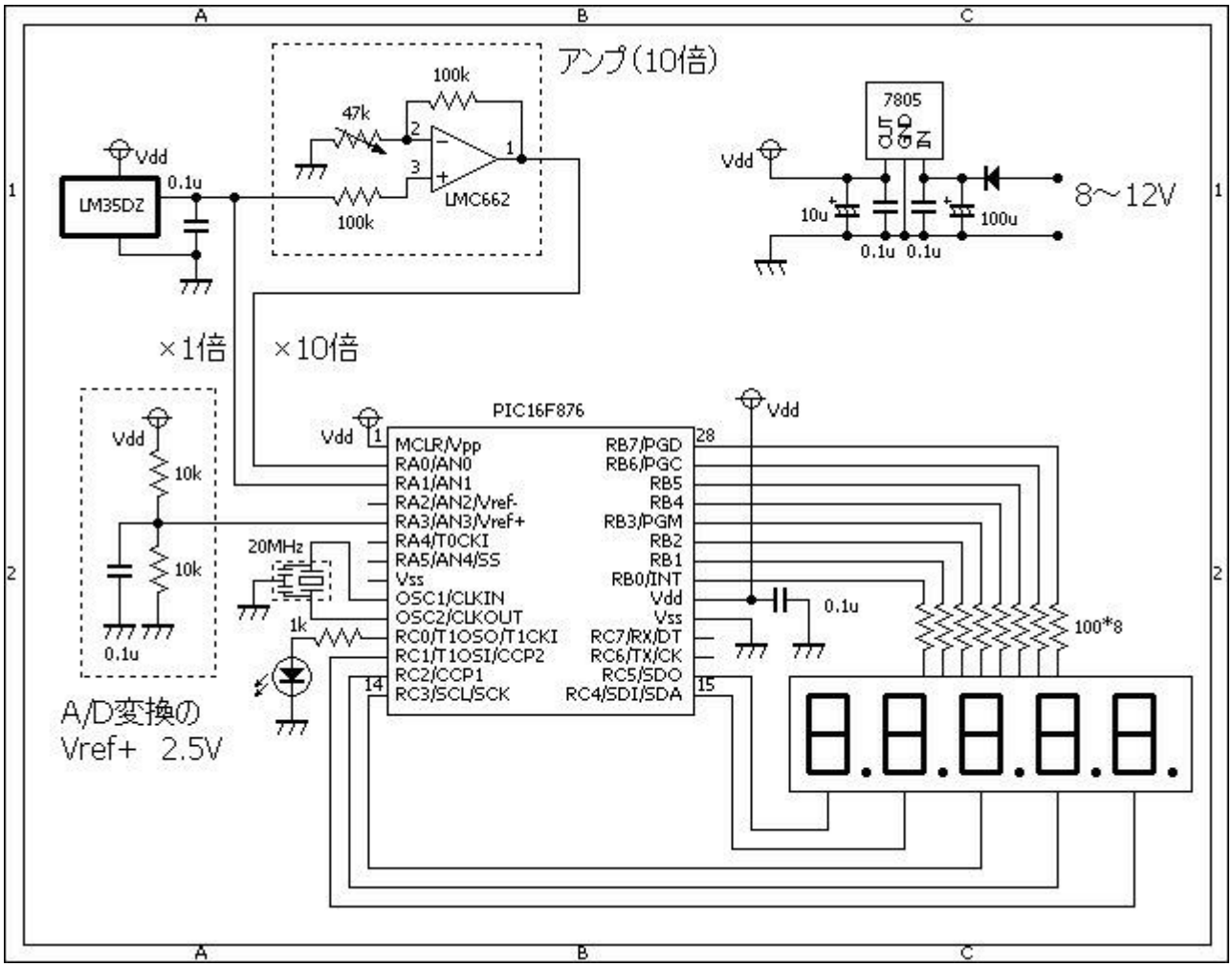
つまり、温度で換算すると、0.5℃単位を0.25℃単位まで、精度を高めることが出来ることになります。また、測定温度範囲も、0~100℃までと半減することなくカバーできます。何よりも最大のメリットは、ハードウエア的に調整する箇所が無いということだと思います。 回路的にはLM35DZの直結の値と10倍増幅の値の両方を測定し、温度換算した値を5桁の7セグメントLEDにダイナミック点灯方式で表示させました。

<四捨五入の仕方> LM35DZの出力が125mV(12.5℃)とした場合、これを小数点以下の温度を四捨五入すると13℃になりま す。これをプログラムでは次のようにして実現します。

```
int i;
i = 125 / 10; // i は整数型なので、小数点以下が切り捨てられて12となる。
```

```
if ((125 - (i * 10)) >= 5) {
 i++; // i の値は、13となる。
```

回路図



ソースコード

thermometer.c

```
//*****************************************************************************
*

#define   SEG1    PORTC.F5
#define   SEG2    PORTC.F4
#define   SEG3    PORTC.F3
#define   SEG4    PORTC.F2
#define   SEG5    PORTC.F1

//*****************************************************************************
*
```

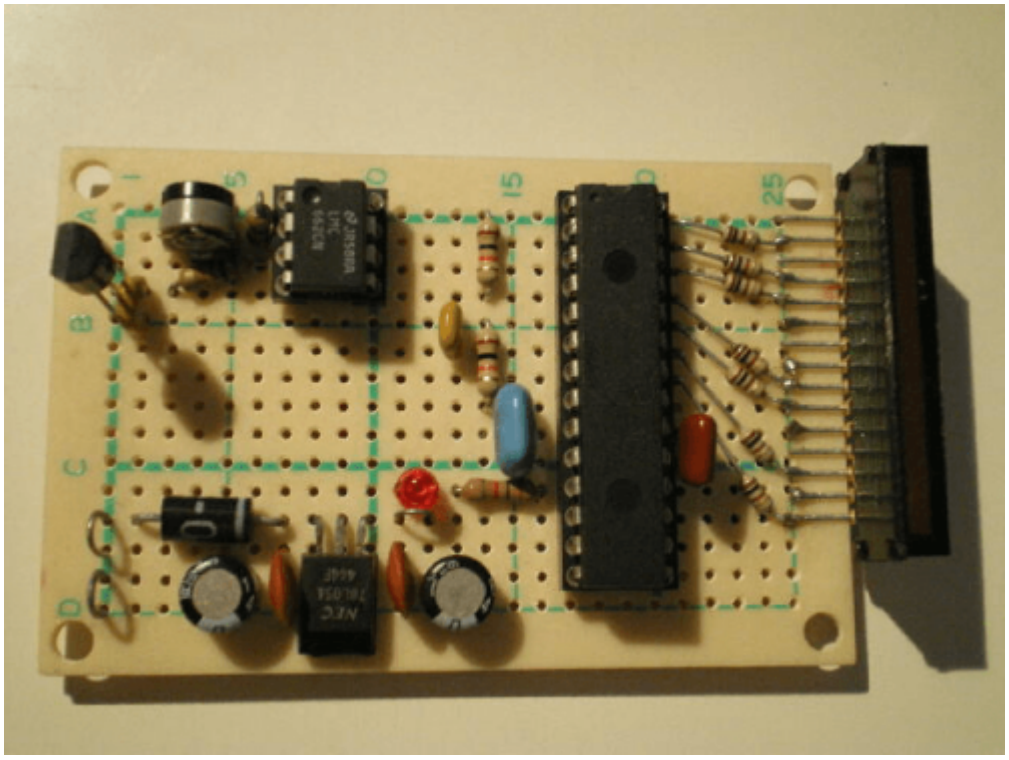
```
static unsigned    char    segTbl[13] = {
    0b10111110,         // 0
    0b10100000,         // 1
    0b11011010,         // 2
    0b11110010,         // 3
    0b11100100,         // 4
    0b01110110,         // 5
    0b01111110,         // 6
    0b10100110,         // 7
    0b11111110,         // 8
    0b11110110,         // 9
    0b01000000,         // -
    0b11111111,         // all-on
    0b00000000,         // all-off
};

//*****************************************************************
*

unsigned   char    ChangeSegData(unsigned    char    c)
{
    switch (c) {
    case '0':
        c =  (segTbl[0]);
        break;
    case '1':
        c =  (segTbl[1]);
        break;
    case '2':
        c =  (segTbl[2]);
        break;
    case '3':
        c =  (segTbl[3]);
        break;
    case '4':
        c =  (segTbl[4]);
        break;
    case '5':
        c =  (segTbl[5]);
        break;
    case '6':
        c =  (segTbl[6]);
        break;
    case '7':
        c =  (segTbl[7]);
        break;
    case '8':
        c =  (segTbl[8]);
        break;
    case '9':
```

```
        c =  (segTbl[9]);
        break;
    case '-':
        c = (segTbl[10]);
        break;
    case '*':
        c = (segTbl[11]);
        break;
    case ' ':
        c = (segTbl[12]);
        break;
    default:
        c = (segTbl[10]);
        break;
    }
    return(c);
}

//*****************************************************************************
*

static unsigned    char    dat1, dat2, dat3, dat4, dat5, datCnt;

void   interrupt(){
    if (INTCON.T0IF == 1) {
        INTCON.T0IF = 0;
        //
        SEG1 = 1;
        SEG2 = 1;
        SEG3 = 1;
        SEG4 = 1;
        SEG5 = 1;
        //
        switch (datCnt) {
        case 0:
            PORTB = ChangeSegData(dat1);
            SEG1 = 0;
            datCnt++;
            break;
        case 1:
            PORTB = ChangeSegData(dat2);
            SEG2 = 0;
            datCnt++;
            break;
        case 2:
            PORTB = ChangeSegData(dat3);
            SEG3 = 0;
            datCnt++;
            break;
        case 3:
```

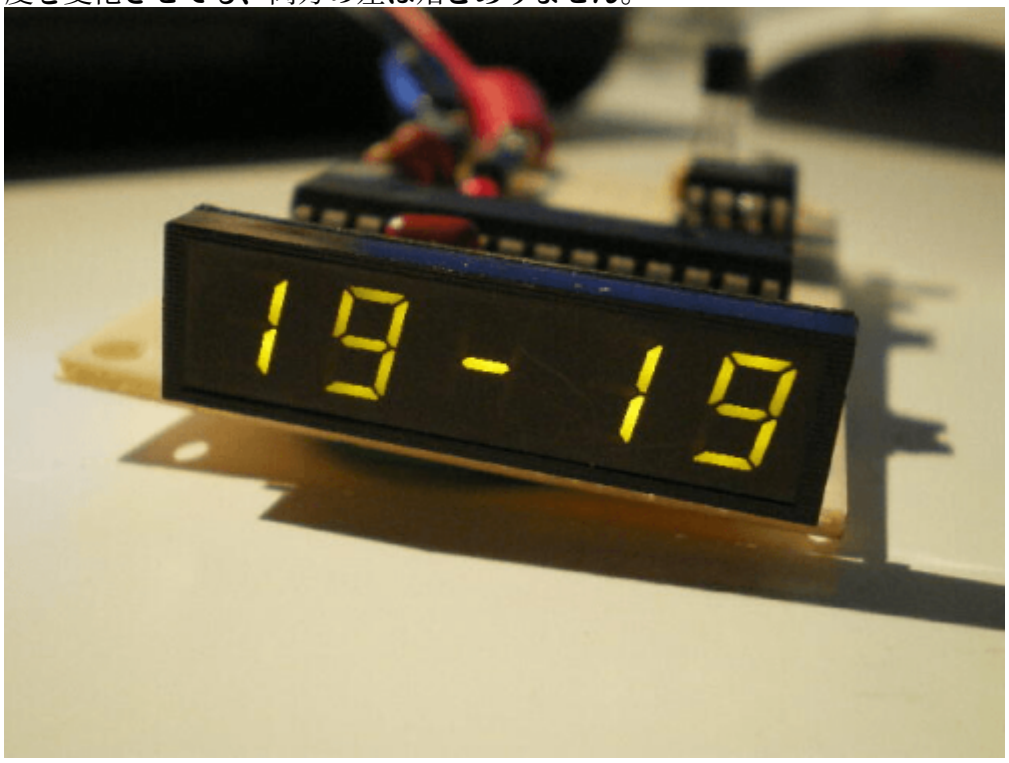
```
            PORTB = ChangeSegData(dat4);
            SEG4 = 0;
            datCnt++;
            break;
        case 4:
            PORTB = ChangeSegData(dat5);
            SEG5 = 0;
            datCnt = 0;
            break;
        default:
            break;
        }
    }
    if (PIR1.TMR1IF == 1) {
        PIR1.TMR1IF = 0;
        PORTC.F0 = ~PORTC.F0;
    }
}

//*********************************************************************
*

void main()
{
    unsigned    int         ad0, ad1, tmp;
    unsigned    char    buf[10];
    //
    TRISA = 0b00001011;
    TRISB = 0b00000000;
    TRISC = 0b00000000;
    OPTION_REG = 0b00000000;
    // ad0を使用する。
    ADCON1.PCFG3 = 0;
    ADCON1.PCFG2 = 1;
    ADCON1.PCFG1 = 0;
    ADCON1.PCFG0 = 1;
    // CCP1モジュールは使用しない。
    CCP1CON.CCP1M3 = 0;
    CCP1CON.CCP1M2 = 0;
    CCP1CON.CCP1M1 = 0;
    CCP1CON.CCP1M0 = 0;
    // CCP2モジュールは使用しない。
    CCP2CON.CCP1M3 = 0;
    CCP2CON.CCP1M2 = 0;
    CCP2CON.CCP1M1 = 0;
    CCP2CON.CCP1M0 = 0;
    //タイマー0を設定する。
    INTCON.T0IE = 1;
    INTCON.T0IF = 0;
    OPTION_REG.T0CS = 0;
    OPTION_REG.PSA = 0;
```

```
    OPTION_REG.PS2 = 1;
    OPTION_REG.PS1 = 0;
    OPTION_REG.PS0 = 1;
    //タイマー1を設定する。
    PIE1.TMR1IE = 1;
    PIR1.TMR1IF = 0;
    T1CON.T1CKPS0 = 1;
    T1CON.T1CKPS1 = 1;
    T1CON.TMR1ON = 1;
    //
    PORTC = 0xFF;
    datCnt = 0;
    dat1 = ' ';
    dat2 = ' ';
    dat3 = ' ';
    dat4 = ' ';
    dat5 = ' ';
    //
    INTCON.PEIE = 1;     //これ以降の処理で割り込みを許可する。
    INTCON.GIE = 1;     //これ以降の処理で割り込みを許可する。
    //
    while (1) {
        ad0 = Adc_Read(0);     //温度センサーの出力をオペアンプで10倍した値。
        ad1 = Adc_Read(1);     //温度センサーの出力をそのままの値。
        //小数点以下の温度を四捨五入する。1度=100mV
        ad0 = (int)((double)ad0 * 2.48);
        if ((ad0 - ((ad0 / 100) * 100)) >= 50)
            ad0 = (ad0 / 100) + 1;
        else
            ad0 = (ad0 / 100);
        IntToStr(ad0, buf);
        dat5 = buf[4];
        dat4 = buf[5];
        //小数点以下の温度を四捨五入する。1度=10mV
        ad1 = (int)((double)ad1 * 2.48);
        if ((ad1 - ((ad1 / 10) * 10)) >= 5)
            ad1 = (ad1 / 10) + 1;
        else
            ad1 = (ad1 / 10);
        IntToStr(ad1, buf);
        dat2 = buf[4];
        dat1 = buf[5];
        //
        dat3 = '-';
        Delay_ms(500);
    }
}

//*********************************************************************
*
```

動作確認



向かって、左が、オペアンプを経由したときの値、右が直結のときの値です。 指でLM35DZに触れて温度を変化させても、両方の差は殆どありません。



如何ですか? 温度の小数点以下を四捨五入して表示する程度の精度を望むなら、部品点数も少なくとてもシンプルで宜しい かと。。。その時には表示桁数も2-3桁で十分ですね。