バッテリー充電ユニット(簡易多段定電流充電方式)

概要

バッテリ(充電電池含む)の充電には様々な方法があるようです。 <サイクル使用>

- -ΔV制御充電方式
- dT/dt制御充電方式
- ステップ制御充電方式
- 電圧制御充電方式
- Vテーパ制御充電方式
- 定電圧定電流制御充電方式
- タイマー制御充電方式
- 準定電流充電方式

<スタンバイ使用>

- トリクル充電方式
- 間欠充電方式
- パルス充電方式

今回は、対象をバッテリ(鉛蓄電池)に限定した、簡易な“多段定電流充電方式“で充電するユニットを製作してみました。

<多段定電流充電方式の主な特長>

- 従来の1段による定電流充電に比べ、2-6段の定電流で段階的に減少させて強制的に充電するため、充電時間を短縮することが出来ます。
- 多段充電が電極や電解液の保護に作用するため、サイクル寿命を延ばすことが出来ます。

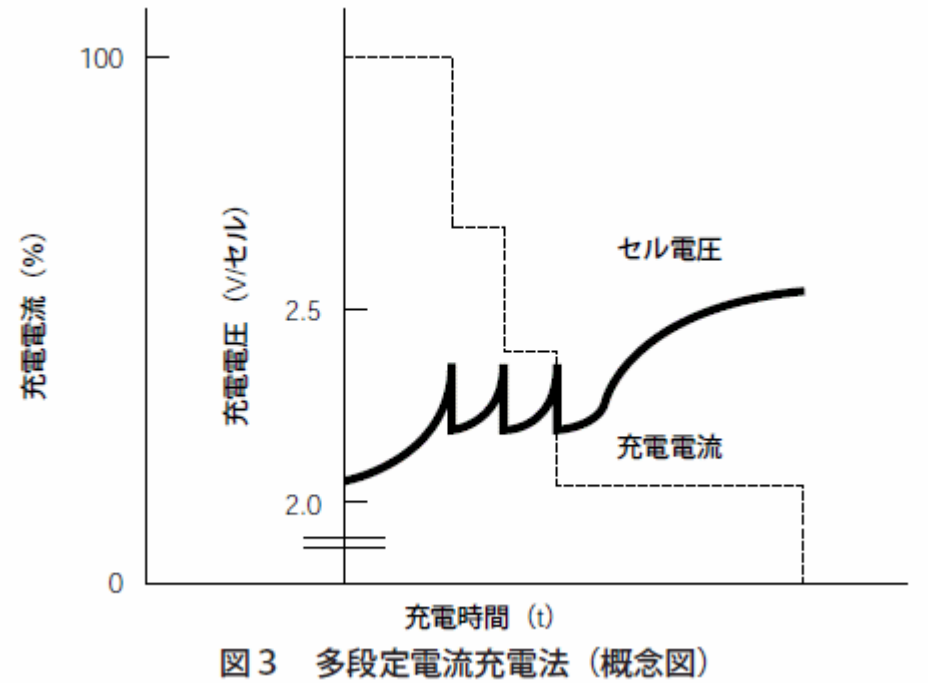


図３　多段定電流充電法（概念図）

※NTTファシリティーズ総合研究所で発表された論文よりグラフの引用

※鉛蓄電池について 鉛蓄電池を放電したままで放置しておくと、サルフェーションと呼ばれ、充電できない状態になります。 電池寿命の大半はこのサルフェーションによるものなので、放電後は速やかに充電する事が大切です。

動作原理

充電ステップを11段階(定電流=10段、定電圧=1段)としました。 定電流充電は、1000mA~100mAまでを□100mA単位で行います。 設定された電流値で定電流制御(電圧を上下)を行います。(例、ステップ0では1000mAの定電流制御)

- バッテリ電圧が、設定された電圧(定電圧)に達すると、次のステップに移ります。

定電圧充電は、13.0V~15.0Vまでを□100mV単位で設定可能としました。

- 設定された電圧値で定電圧制御(電圧を上下)を行います。(電流値は無視)

充電ステップ	定電流	定電圧
0	1000mA	-
1	900mA	-
2	800mA	-
3	700mA	-
4	600mA	-
5	500mA	-
6	400mA	-
7	300mA	-
8	200mA	-
9	100mA	-
10	-	14.4V

動作原理(ハードウェア)

◎電源部 24V1A以上を供給できる電源をご用意ください。

◎電圧供給部 効率を考慮し、DCDCコンバータ(チョッパ方式の降圧タイプ)を採用しました。

◎電圧測定

- DCDCコンバータの出力電圧(V2)□□□抵抗による分圧方式
- バッテリ電圧(V1)□□□抵抗による分圧方式
- 電流検出抵抗の両端電圧(V3)□□□微弱電圧のためオペアンプで48倍に増幅

動作原理(ソフトウェア)

◎DCDCコンバータの出力電圧の制御 PMWのデューティ比を変化させて、出力電圧を制御します。
尚、PWMの発振周波数は、約20kHzです。

◎電圧(V1,V2,V3)の測定 各電圧をA/D変換(1000回)し、その平均値を求めます。

◎電流の測定 電流検出抵抗(0.1Ω)の両端電圧(V3)より、オームの法則で電流を求めます。

◎各動作の制御 【動作モード0】

- 10段階の定電流で充電を行います。11段目では定電圧制御に切り替わります。(上記の表を参照)
- 開始条件=開始スイッチ押下
- 停止条件=停止スイッチ押下

【動作モード1】

- 10段階の定電流で充電を行います。
- 開始条件=バッテリーの電圧が、充電可能最低電圧を下回った時
- 停止条件=停止スイッチ押下、10段階の定電流で充電が全て完了した時

【動作モード2】

- 充電電圧を設定します□(SW_UP□SW_DOWN)
- 既定値は、14.4Vです。(設定範囲=13.0V~15.0V)

【動作モード3】

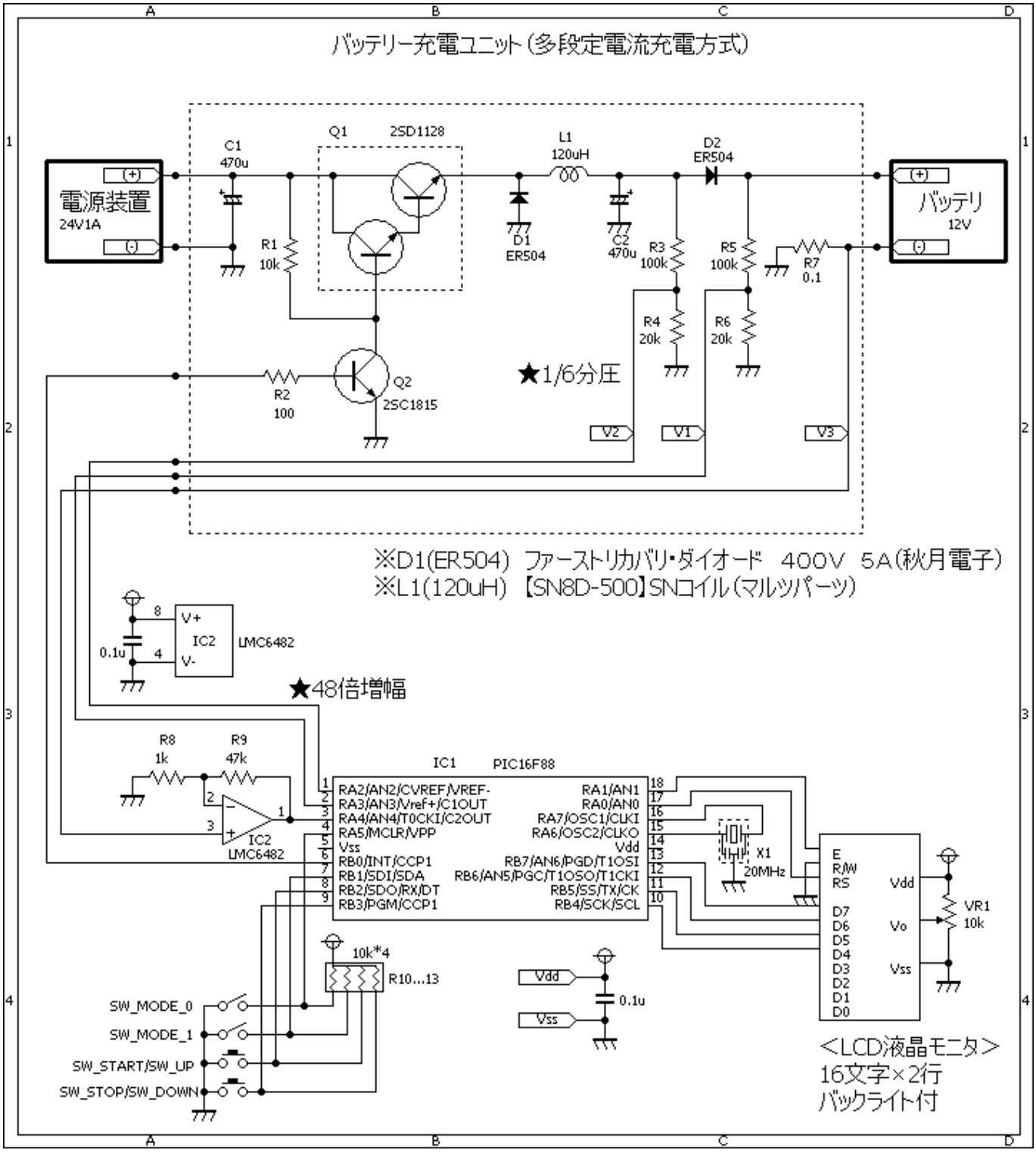
- 充電可能最低電圧を設定します□(SW_UP□SW_DOWN)
- 既定値は、10.5Vです。(設定範囲=9.0~12.0V)

【動作モード(その他)】

- 開始スイッチ(SW_START)を押下しながら、起動することにより、オペアンプのオフセット電圧をキャンセルすることが出来ます。その時には、電源装置をオフの状態、バッテリ未接続の状態にしてください。

動作モード	SW_MODE_1	SW_MODE_0
モード0	オン(0)	オン(0)
モード1	オン(0)	オフ(1)
モード2	オフ(1)	オン(0)
モード3	オフ(1)	オフ(1)
その他	起動時に開始スイッチ(SW_START)を押下	

回路図



ソースコード

battery_charger.c

```
//*****************************************************************************
*
/*
    ＜バッテリー充電ユニット（多段定電流充電方式）＞
  ■動作モード0
```

```
        ・10段階の定電流で充電を行います。11段目では定電圧制御に切り替わります。
        ・開始条件＝開始スイッチ押下
        ・停止条件＝停止スイッチ押下
  ■動作モード1
        ・10段階の定電流で充電を行います。
        ・開始条件＝バッテリーの電圧が、充電可能最低電圧を下回ったとき
        ・停止条件＝停止スイッチ押下、10段階の定電流で充電が全て完了した時
  ■動作モード2
        ・充電電圧を設定します。
        ・既定値は、14.4Vです。（設定範囲□13.0V□15.0V□
  ■動作モード3
        ・充電可能最低電圧を設定します。
        ・既定値は、10.5Vです。（設定範囲□9.0□12.0V□
  ■その他
       開始スイッチを押下しながら、起動することにより、オペアンプのオフセット
       をキャンセルすることが出来ます。
       その時には、電源装置をオフの状態、バッテリ未接続の状態にしてください。
*/
//*****************************************************************************
*
//LCD
sbit LCD_RS at RA0_bit;
sbit LCD_EN at RA1_bit;
sbit LCD_D7 at RB7_bit;
sbit LCD_D6 at RB6_bit;
sbit LCD_D5 at RB5_bit;
sbit LCD_D4 at RB4_bit;
sbit LCD_RS_Direction at TRISA0_bit;
sbit LCD_EN_Direction at TRISA1_bit;
sbit LCD_D7_Direction at TRISB7_bit;
sbit LCD_D6_Direction at TRISB6_bit;
sbit LCD_D5_Direction at TRISB5_bit;
sbit LCD_D4_Direction at TRISB4_bit;
//
sbit SW_MODE_0 at RA5_bit;
sbit SW_MODE_1 at RB1_bit;
sbit SW_UP     at RB2_bit;
sbit SW_DOWN   at RB3_bit;
sbit SW_START  at RB2_bit;
sbit SW_STOP   at RB3_bit;
//
#define MODE_0  0
#define MODE_1  1
#define MODE_2  2
#define MODE_3  3
//
#define BYTE    unsigned  short
#define WORD    unsigned  int
#define DWORD   unsigned  long
//*****************************************************************************
*
//■関数宣言
extern  void    main();
```

```
extern  void    PWM1_Change_DutyEx(unsigned int duty_ratio);
extern  WORD    ADC_Get_Sample_Average(unsigned short channel);
extern  void    control();
extern  void    run_mode_0();
extern  void    run_mode_1();
extern  void    run_mode_2();
extern  void    run_mode_3();
extern  short   get_mode();
extern  void    error_disp(char num);
extern  void    voltage_init();
extern  short   voltage_set(char c);
extern  void    voltage_on();
extern  void    voltage_off();
extern  void    voltage_get();
//*****************************************************************************
*
char    buf[10];
union {
        double  _double;
        short   _short[4];
}       cal;
//*****************************************************************************
*
//■PWMデューティ設定関数
void    PWM1_Change_DutyEx(unsigned int duty_ratio)
{
    CCPR1L = duty_ratio >> 2;
    CCP1CON.CCP1Y = (duty_ratio & 0b00000001) != 0 ? 1 : 0;
    CCP1CON.CCP1X = (duty_ratio & 0b00000010) != 0 ? 1 : 0;
}
//*****************************************************************************
*
//■A/D変換（10000回平均）関数
WORD    ADC_Get_Sample_Average(unsigned short channel)
{
        DWORD  ad;
        WORD   cnt;
        //
        ad = 0;
        for (cnt = 0; cnt < 1000; cnt++) {
                ad += ADC_Get_Sample(channel);
        }
        return (ad / 1000);
}
//*****************************************************************************
*
//■エラー表示関数
char    *error_msg ="error! (?)      ";
//
void    error_disp(char num)
{
```

```
        short   cnt;
        //
        for (cnt = 0; cnt < 10; cnt++) {
                error_msg[8] = num + '0';
                Lcd_Out(2, 1, error_msg);
                Delay_ms(100);
                error_msg[8] = ' ';
                Lcd_Out(2, 1, error_msg);
                Delay_ms(100);
        }
}
//*********************************************************************
*
//■電圧制御（初期化）関数
int     duty = 1023;
//
void    voltage_init()
{
        duty = 1023;
        PWM1_Init(20000);        //20kHz
        PR2 = 0xFF;
        PWM1_Stop();
        TRISB.B0 = 0;
        PORTB.B0 = 1;
}
//*********************************************************************
*
//■電圧制御（設定）関数
short   voltage_set(char c)
{
        switch (c) {
        case '0':
                duty = 1023;
                PWM1_Change_DutyEx(duty);
                break;
        case '-':
                if (duty < 1023) {
                        duty++;
                        PWM1_Change_DutyEx(duty);
                } else {
                        error_disp(1);
                        return(-1);
                }
                break;
        case '+':
                if (duty > 10) {
                        duty--;
                        PWM1_Change_DutyEx(duty);
                } else {
                        error_disp(2);
                        return(-1);
```

```
                }
                break;
        }
        return(0);
}
//*****************************************************************************
*
//■電圧制御（オン）関数
void    voltage_on()
{
        PWM1_Change_DutyEx(duty);
        PWM1_Start();
}
//*****************************************************************************
*
//■電圧制御（オフ）関数
void    voltage_off()
{
        PWM1_Stop();
        TRISB.B0 = 0;
        PORTB.B0 = 1;
}
//*****************************************************************************
*
//■電圧測定関数
double  v1, v2, v3, offset = 0.0;
//
void    voltage_get()
{
        //電圧を測定します。
        v1 = ADC_Get_Sample_Average(3);
        v2 = ADC_Get_Sample_Average(2);
        v3 = ADC_Get_Sample_Average(4);
        //電圧値の補正および電流値を求めます。
        v1 = v1 * 4.8828125 * 6; //分圧□100kΩ□20kΩ□
        v2 = v2 * 4.8828125 * 6; //分圧□100kΩ□20kΩ□
        v3 = (v3 * 4.8828125) / 48; //増幅□47kΩ□1kΩ□
        v3 = v3 - offset;
        v1 = v1 - v3;
}
//*****************************************************************************
*
//■多段定電流充電制御関数
short   step = 0;
int     minpoint_v = 10500;
int     setpoint_v = 14400;
int     setpoint_i[] = {1000, 900, 800, 700, 600, 500, 400, 300, 200,
100};
//
short   control()
{
```

```
        double  i;
        //電圧を測定します。
        voltage_get();
        //電流を求めます。（オームの法則）
        i = v3 / 0.1;
        //□□□に表示します。
        WordToStr(v1, buf);
        Lcd_Out(1, 1, buf);
        WordToStr(i, buf);
        Lcd_Out(1, 10, buf);
        WordToStr(v2, buf);
        Lcd_Out(2, 1, buf);
        WordToStr(duty, buf);
        Lcd_Out(2, 12, buf);
        //
        if (step == 11) {
                Lcd_Chr(1, 9, '-');
                return(0);
        }
        //
        if (step == 10) {
                //定電圧制御を行います。
                Lcd_Chr(1, 9, '*');
                if (v1 > setpoint_v) {
                        if (voltage_set('-') == -1) {
                                return(-1);
                        }
                } else {
                        if (voltage_set('+') == -1) {
                                return(-1);
                        }
                }
                return(0);
        }
        //多段定電流制御を行います。
        Lcd_Chr(1, 9, step + '0');
        if (i > setpoint_i[step]) {
               if (voltage_set('-') == -1) {
                        return(-1);
               }
        } else {
               if (voltage_set('+') == -1) {
                        return(-1);
               }
        }
        //設定電圧を超過すると電圧を下げ、電流の設定値を下げます。
        if (v1 > setpoint_v) {
                step++;
                voltage_set('0');
                Delay_ms(1000);
        }
```

```
        return(0);
}
//*****************************************************************************
*
//■モード0関数
void    run_mode_0()
{
        if (SW_START == 1) {
                step = 11;
                control();
                return;
        }
        //
        step = 0;
        voltage_on();
        voltage_set('0');
        //
        while (SW_STOP == 1) {
                if (control() == -1) {
                        break;
                }
        }
        voltage_off();
}
//*****************************************************************************
*
//■モード1関数
void    run_mode_1()
{
        voltage_get();
        if (v1 > minpoint_v) {
                step = 11;
                control();
                return;
        }
        //
        step = 0;
        voltage_on();
        voltage_set('0');
        //
        while (SW_STOP == 1) {
                if (control() == -1) {
                        break;
                }
                if (step == 10) {
                        break;
                }
        }
        voltage_off();
}
//*****************************************************************************
```

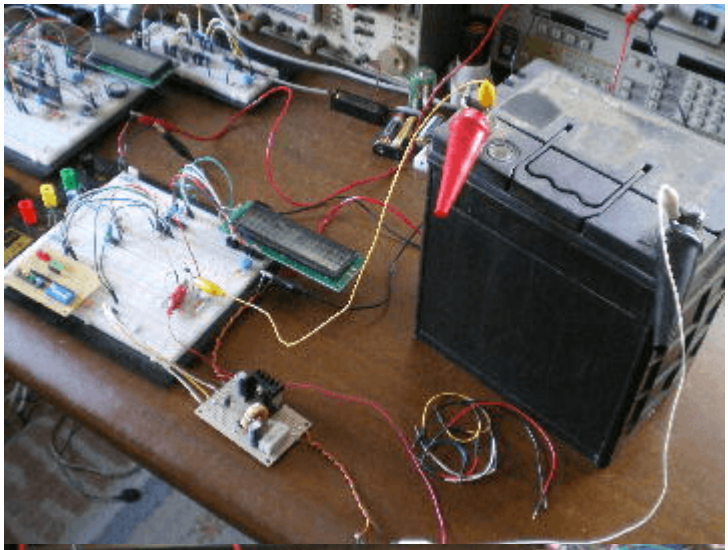
```
*
//■モード２関数
void    run_mode_2()
{
        WordToStr(setpoint_v, buf);
        Lcd_Out(1, 1, buf);
        //
        if (SW_UP == 0) {
                while (SW_UP == 0) {
                        Delay_ms(100);
                }
                //
                if (setpoint_v < 15000) {
                        setpoint_v += 100;
                }
                //
                EEPROM_Write(0, (setpoint_v >> 8) & 0xFF);
                EEPROM_Write(1, setpoint_v & 0xFF);
                //
                return;
        }
        if (SW_DOWN == 0) {
                while (SW_DOWN == 0) {
                        Delay_ms(100);
                }
                //
                if (setpoint_v > 13000) {
                        setpoint_v -= 100;
                }
                //
                EEPROM_Write(0, (setpoint_v >> 8) & 0xFF);
                EEPROM_Write(1, setpoint_v & 0xFF);
                //
                return;
        }
}
//*********************************************************************
*
//■モード３関数
void    run_mode_3()
{
        WordToStr(minpoint_v, buf);
        Lcd_Out(1, 1, buf);
        //
        if (SW_UP == 0) {
                while (SW_UP == 0) {
                        Delay_ms(100);
                }
                //
                if (minpoint_v < 12000) {
                        minpoint_v += 100;
```

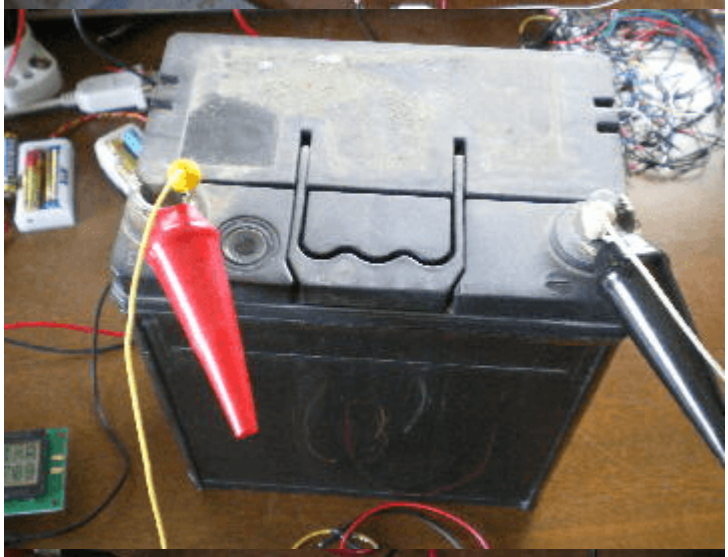
```
                }
                //
                EEPROM_Write(2, (minpoint_v >> 8) & 0xFF);
                EEPROM_Write(3, minpoint_v & 0xFF);
                //
                return;
        }
        if (SW_DOWN == 0) {
                while (SW_DOWN == 0) {
                        Delay_ms(100);
                }
                //
                if (minpoint_v > 9000) {
                        minpoint_v -= 100;
                }
                //
                EEPROM_Write(2, (minpoint_v >> 8) & 0xFF);
                EEPROM_Write(3, minpoint_v & 0xFF);
                //
                return;
        }
}
//*********************************************************************
*
//■モード取得関数
short   flag = -1;
//
short   get_mode()
{
        if ((SW_MODE_1 == 0) && (SW_MODE_0 == 0)) {
                if (flag != 0) {
                        Lcd_Cmd(_LCD_CLEAR);
                        Lcd_Out(1, 6, "mV");
                        Lcd_Out(2, 6, "mV");
                        Lcd_Out(1, 15, "mA");
                }
                flag = 0;
                return (MODE_0);
        }
        if ((SW_MODE_1 == 0) && (SW_MODE_0 == 1)) {
                if (flag != 1) {
                        Lcd_Cmd(_LCD_CLEAR);
                        Lcd_Out(1, 6, "mV");
                        Lcd_Out(2, 6, "mV");
                        Lcd_Out(1, 15, "mA");
                }
                flag = 1;
                return (MODE_1);
        }
        if ((SW_MODE_1 == 1) && (SW_MODE_0 == 0)) {
                if (flag != 2) {
```

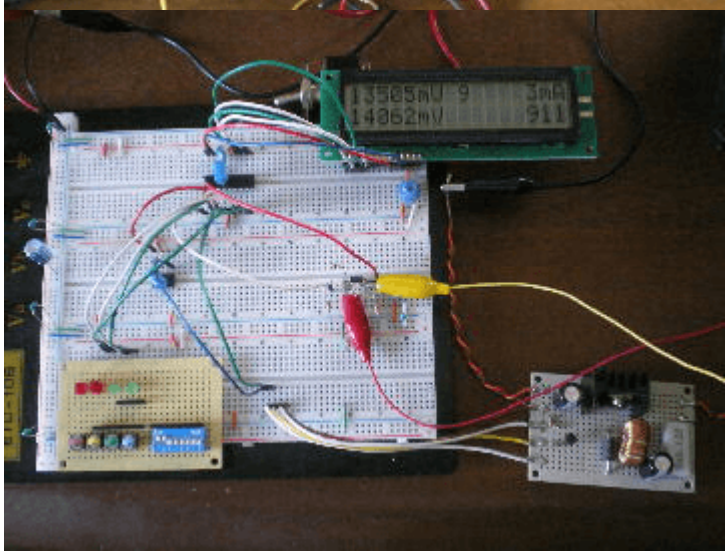
```
                        Lcd_Cmd(_LCD_CLEAR);
                        Lcd_Out(1, 6, "mV");
                }
                flag = 2;
                return (MODE_2);
        }
        if ((SW_MODE_1 == 1) && (SW_MODE_0 == 1)) {
                if (flag != 3) {
                        Lcd_Cmd(_LCD_CLEAR);
                        Lcd_Out(1, 6, "mV");
                }
                flag = 3;
                return (MODE_3);
        }
}
//********************************************************************
*
//■オペアンプオフセット電圧取得関数
void    opeamp_offset_get()
{
        while (SW_START == 0) {
                v3 = ADC_Get_Sample_Average(4);
                v3 = (v3 * 4.8828125) / 48; //増幅□47kΩ□1kΩ□
                offset = v3;
                WordToStr(v3, buf);
                Lcd_Out(1, 1, "offset=");
                Lcd_Out(1, 8, buf);
                Lcd_Out(1, 13, "mV");
        }
        cal._double = offset;
        Eeprom_Write(4, cal._short[0]);
        Eeprom_Write(5, cal._short[1]);
        Eeprom_Write(6, cal._short[2]);
        Eeprom_Write(7, cal._short[3]);
        Delay_ms(1000);
}
//********************************************************************
*
//■メイン関数
void    main()
{
        ANSEL  = 0b00001100;
        TRISA  = 0b00111100;
        TRISB  = 0b00001110;
        //
        ADC_Init();
        //
        Lcd_Init();
        Lcd_Cmd(_LCD_CURSOR_OFF);
        Lcd_Cmd(_LCD_CLEAR);
        Lcd_Out(1, 1, "Battery Charger");
```

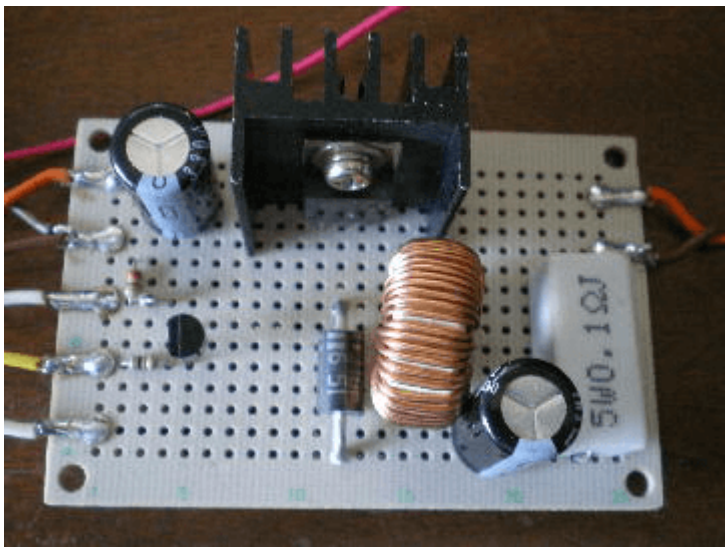
```
        Delay_ms(1000);
        Lcd_Cmd(_LCD_CLEAR);
        //
        voltage_init();
        //設定値の読み込み
        setpoint_v = EEPROM_Read(0);
        setpoint_v <<= 8;
        setpoint_v = setpoint_v | EEPROM_Read(1);
        if ((setpoint_v < 13000) || (setpoint_v > 15000)) {
                setpoint_v = 14400;
        }
        minpoint_v = EEPROM_Read(2);
        minpoint_v <<= 8;
        minpoint_v = minpoint_v | EEPROM_Read(3);
        if ((minpoint_v < 9000) || (minpoint_v > 12000)) {
                minpoint_v = 10500;
        }
        cal._short[0] = Eeprom_Read(4);
        cal._short[1] = Eeprom_Read(5);
        cal._short[2] = Eeprom_Read(6);
        cal._short[3] = Eeprom_Read(7);
        offset = ((cal._double < 0.0) || (cal._double > 100.0)) ? 0.0 :
cal._double;
        //オペアンプオフセット電圧取得
        if (SW_START == 0) {
                opeamp_offset_get();
        }
        //
        while (1) {
                switch (get_mode()) {
                case MODE_0:
                        run_mode_0();
                        break;
                case MODE_1:
                        run_mode_1();
                        break;
                case MODE_2:
                        run_mode_2();
                        break;
                case MODE_3:
                        run_mode_3();
                        break;
                }
        }
}
//*****************************************************************
*
```

動作確認

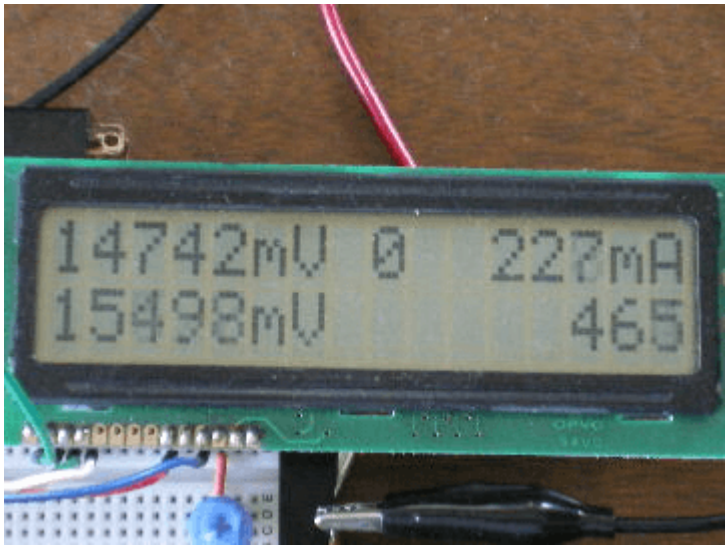


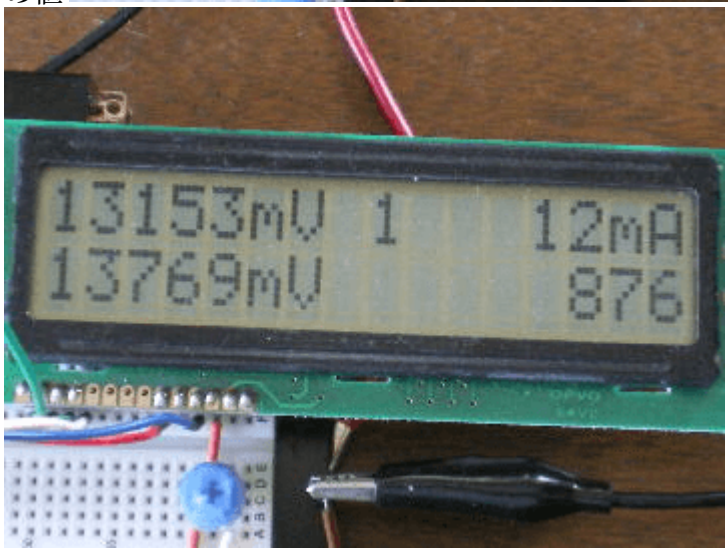


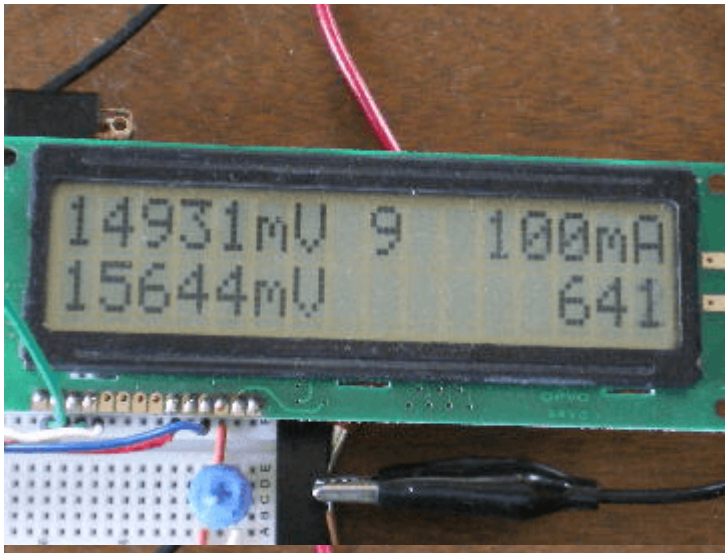


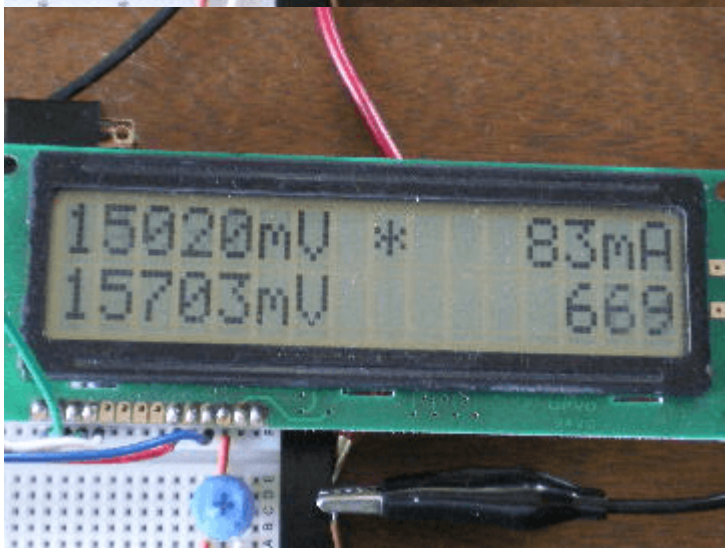


多段階定電流充電を行っているところです。(ステップ0、1…..9、定電圧充電) <LCD表示の説明> 左上:バッテリの電圧 左下:DCDCコンバータの出力電圧 中央上:動作ステップ番号 右上:充電電流値 右下:PWM の値









左側:充電電圧を設定します。 右側:充電開始電圧を設定します。