บทที่ 6

ตัวอย่างการใช้งานร่วมกับไมโครโปรเซสเซอร์ Z-80

6.1 คำนำ

ในปัจจุบันไมโครคอมพิวเตอร์เข้ามามีบทบาทมาก ในวงการอุตสาหกรรม โดยเฉพาะด้านงานควบคุม ข้อดีของการนำไมโครคอมพิวเตอร์เข้ามาใช้งานทางด้านควบคุมก็คือมีความสะดวกและประหยัดกว่าการออกแบบวงจรทางแอนาลอก ซึ่งเมื่อต้องการเปลี่ยนแปลงค่าพารามิเตอร์หรือฟังก์ชั่นของวงจรก็จำเป็นต้องเปลี่ยนค่าของอุปกรณ์ในวงจร หรืออาจต้องออกแบบวงจรใหม่ทั้งหมด ตรงกันข้ามกับการใช้ไมโครคอมพิวเตอร์ที่สามารถจะเปลี่ยนแปลงค่าพารามิเตอร์หรือฟังก์ชั่นต่างๆ ได้โดยการเปลี่ยนแปลงทางซอฟท์แวร์ อันได้แก่ข้อมูลและคำสั่งซึ่งป้อนเข้าไมโครคอมพิวเตอร์ได้โดยตรงทางแป้นพิมพ์

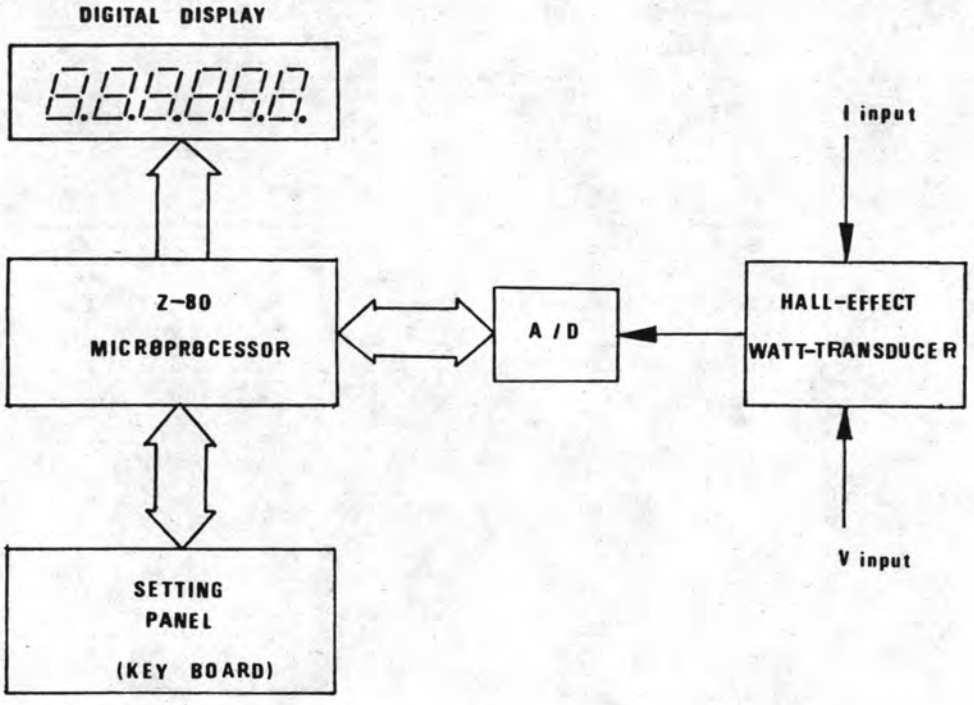
ในบทนี้จะกล่าวถึงการนำฮอลล์เอฟเฟ็คทรานดิวเซอร์ มาทดลองใช้งานร่วมกับไมโครโปรเซสเซอร์ MPF-1 ซึ่งใช้ Z-80 CPU เป็นหน่วยประมวลข้อมูลกลาง (CENTRAL PROCESSING UNIT) เพื่อจุดประสงค์ในการแสดงค่าสัญญาณอนาลอกที่วัดได้ ออกมาเป็นตัวเลขแสดงค่ากำลังไฟฟ้าเป็นวัตต์

6.2 ฮอลล์เอฟเฟ็ค ดิจิตอลวัตต์มิเตอร์

ในการนำไมโครโปรเซสเซอร์ Z-80 มาใช้งานร่วมกับฮอลล์เอฟเฟ็คทรานสดิวเซอร์เพื่อให้อ่าน และแสดงค่าสัญญาณจากทรานสดิวเซอร์ออกมาเป็นวัตต์นั้น อาจแยกการออกแบบได้เป็นสองส่วนคือ

ก. ส่วนฮาร์ดแวร์ ได้แก่วงจรอินเตอร์เฟซ ในที่นี้คือวงจรแปลงสัญญาณแอนาลอกเป็นดิจิตอล (ANALOG-TO-DIGITAL CONVETER - A/D)

ข. ส่วนซอฟแวร์ ในที่นี้ได้แก่โปรแกรมที่ใช้อ่านและคำนวณสัญญาณดิจิตอลจาก A/D ออกมาเป็นวัตต์ และสั่งแสดงผลที่แผงตัวเลข (DISPLAY) ของไมโครโปรเซสเซอร์



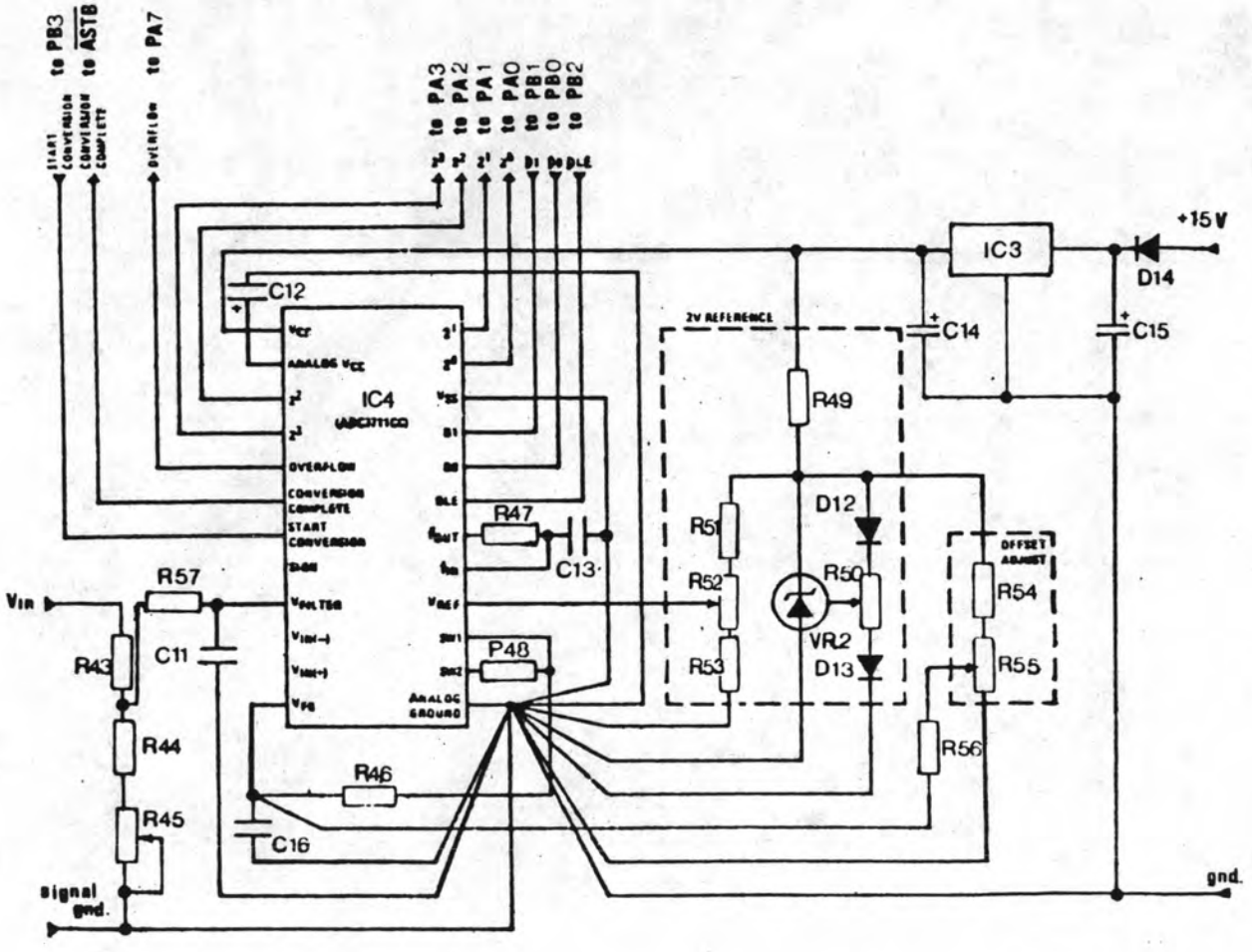
รูปที่ 6.1 แสดงบล็อกไดอะแกรมของฮอลล์เอฟเฟ็คดิจิตอลวัตต์มิเตอร์

จากรูปที่ 6.1 สัญญาณแอนาลอกของกำลังไฟฟ้าจะถูกป้อนให้กับอินพุทของ A/D จากนั้น A/D จะแปลงสัญญาณแอนาลอกเป็นสัญญาณดิจิตอลส่งไปให้กับ อินพุท/เอาท์พุท พอร์ท (INPUT/OUTPUT PORT - I/O ; ในที่นี้คือ Z-80 PIO) ของไมโครโปรเซสเซอร์ จากนั้นไมโครโปรเซสเซอร์ก็จะทำการคำนวณค่าที่ได้จาก I/O ตามโปรแกรมข้อมูลคำสั่งที่เราป้อนเข้าไว้ในหน่วยความจำ (MEMORY) แล้วแสดงผลที่ได้บนแผงตัวเลข ในขณะเดียวกันไมโครโปรเซสเซอร์ก็จะส่งสัญญาณควบคุมการทำงานไปยัง A/D ด้วย การเซ็ทค่าเสกล (ในที่นี้คือ 115/230 โวลท์) ทำได้โดยการป้อนคำสั่งให้กับไมโครโปรเซสเซอร์ทางแป้นพิมพ์

รายละเอียดเกี่ยวกับการออกแบบวงจรอินเตอร์เฟซ และการเขียนโปรแกรมข้อมูลคำสั่งจะกล่าวถึงในหัวข้อ 6.2.1 และ 6.2.2 ตามลำดับ

6.2.1 วงจรอินเตอร์เฟซของฮอลล์เอฟเฟ็คดิจิตอลวัตต์มิเตอร์

รูปที่ 6.2 แสดงวงจร A/D ซึ่งใช้อินเตอร์เฟซฮอลล์เอฟเฟ็ควัตต์ทรานสดิวเซอร์กับไมโครโปรเซสเซอร์ Z-80 ในรูปเป็นไอซีเบอร์ ADC 3711 CCN ของ NATIONAL SIMICONDUCTOR เหตุที่ใช้ไอซีเบอร์นี้เนื่องจากมีค่าความละเอียดของการแปลงข้อมูลถึง 15 บิท และข้อมูลที่ได้จะถูกแปลงเป็นรหัส BCD(BINARY CODE DECIMAL) นับตั้งแต่ 0 - 3999 (3 3/4 หลัก) ที่ค่าเต็มเสกล 2 โวลท์ ดังนั้นจึงสามารถที่จะอินเตอร์เฟซเข้ากับไมโครโปรเซสเซอร์ได้โดยสะดวก



รูปที่ 6.2 แสดงวงจร A/D ของไอซีเบอร์ ADC 3711 CCN และตำแหน่งการส่งผ่านข้อมูลกับ I/O พอรทของไมโครโปรเซสเซอร์

115/230 โวลท์, กระแส 5 แอมป์ และตัวประกอบกำลัง 1.0 จากผลการทดลองพบว่าสัญญาณเอาท์พุทของทรานสดิวเซอร์แปรผันเป็นเชิงเส้นกับกำลังไฟฟ้า เพราะฉะนั้นค่าวัตต์ของย่านวัดจะมีค่าดังนี้

ย่านวัด 115 โวลท์: $P = 115 \times 5 = 575$ W

ย่านวัด 230 โวลท์: $P = 230 \times 5 = 1,150$ W

ถ้าวงจรแบ่งแรงดันด้านอินพุทของ A/D เป็น 5.000 : 1.600 ก็แสดงว่า สัญญาณดิจิตอลที่เอาท์พุทของ A/Dก็จะนับเป็น

$$\frac{1.600}{2.000} \times 4,000 = 3,200$$

เมื่อเอาท์พุทของทรานสดิวเซอร์มีค่าเท่ากับ 5.000 โวลท์ ดังนั้นค่าคงที่ของย่านวัด (SCALE CONSANT - K) จะมีค่าดังนี้

ย่านวัด 115 โวลท์ : $K = \frac{575}{3,200} = 0.1796875$

ย่านวัด 230 โวลท์ : $K = \frac{1,150}{3,200} = 0.359375$

ในที่นี้จะใช้ค่า K = 0.1797 สำหรับย่านวัด 115 โวลท์ และ K = 0.3594 สำหรับย่านวัด 230 โวลท์ เขียนเป็นโฟลวชาร์ทของโปรแกรม (PROGRAM FLOW CHART) ได้ดังรูป6.3

จากรูป 6.2 ข้อมูลรหัส BCD 4 บิท จาก A/D จะถูกส่งออกจากขา 2^0, 2^1, 2^2 และ 2^3 โดยไมโครโปรเซสเซอร์จะต้องส่งสัญญาณเข้า มาควบคุมการ เลือกตำ แหน่ง ของ ข้อมูล ว่า ต้องการอ่านหลักที่เท่าใด (DIGIT SELECT) ผ่านทางขา D1,DO และ DLE ตารางตรรก (TRUTH TABLE) ของการเลือกข้อมูลแสดงไว้ในตารางที่ 6.1

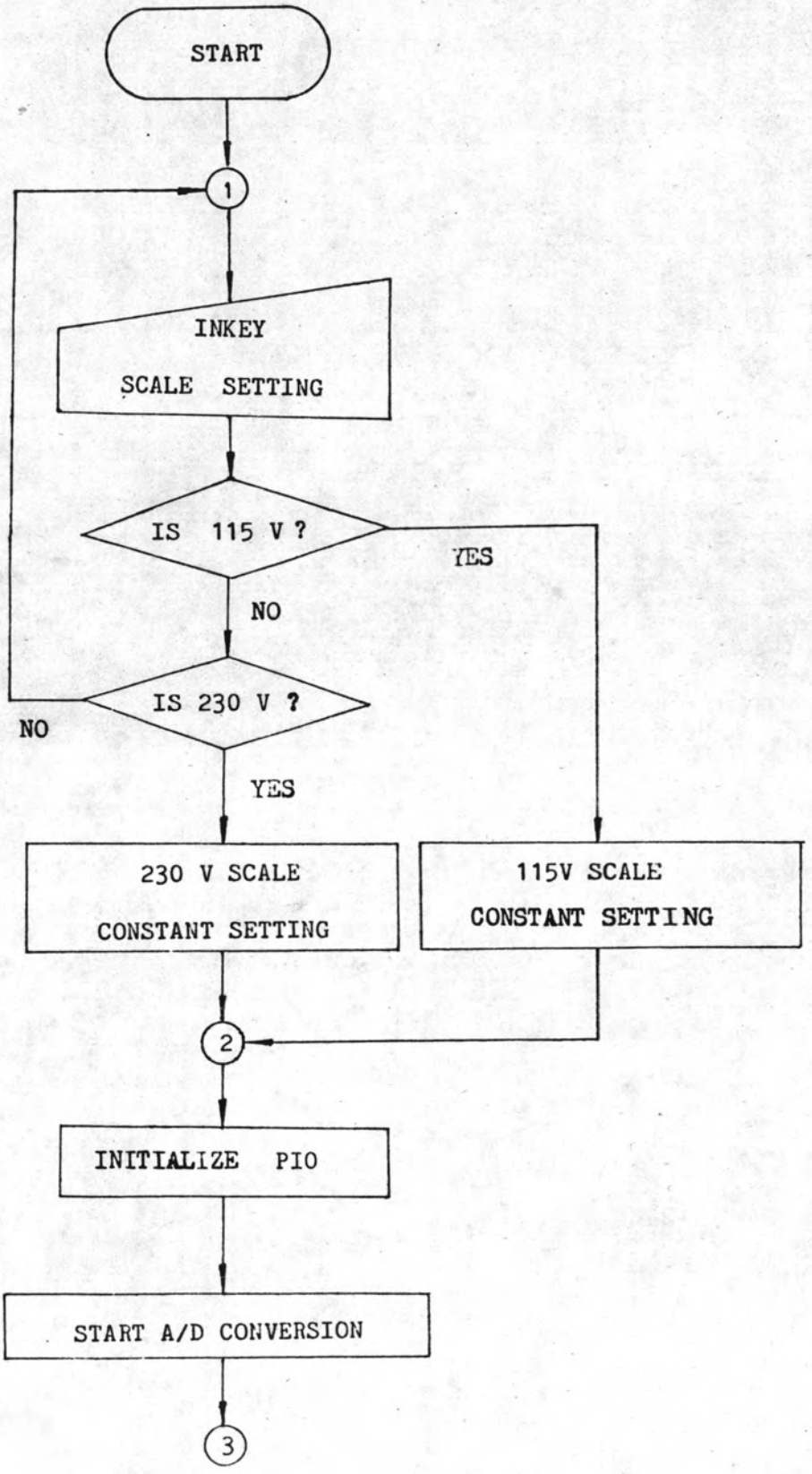
DIGIT SELECT INPUT			SELECTED DIGIT
DLE	D1	DO	
0	0	0	DIGIT 0 (LSD)
0	0	1	DIGIT 1
0	1	0	DIGIT 2
0	1	1	DIGIT 3 (MSD)
1	X	X	UNCHANGE

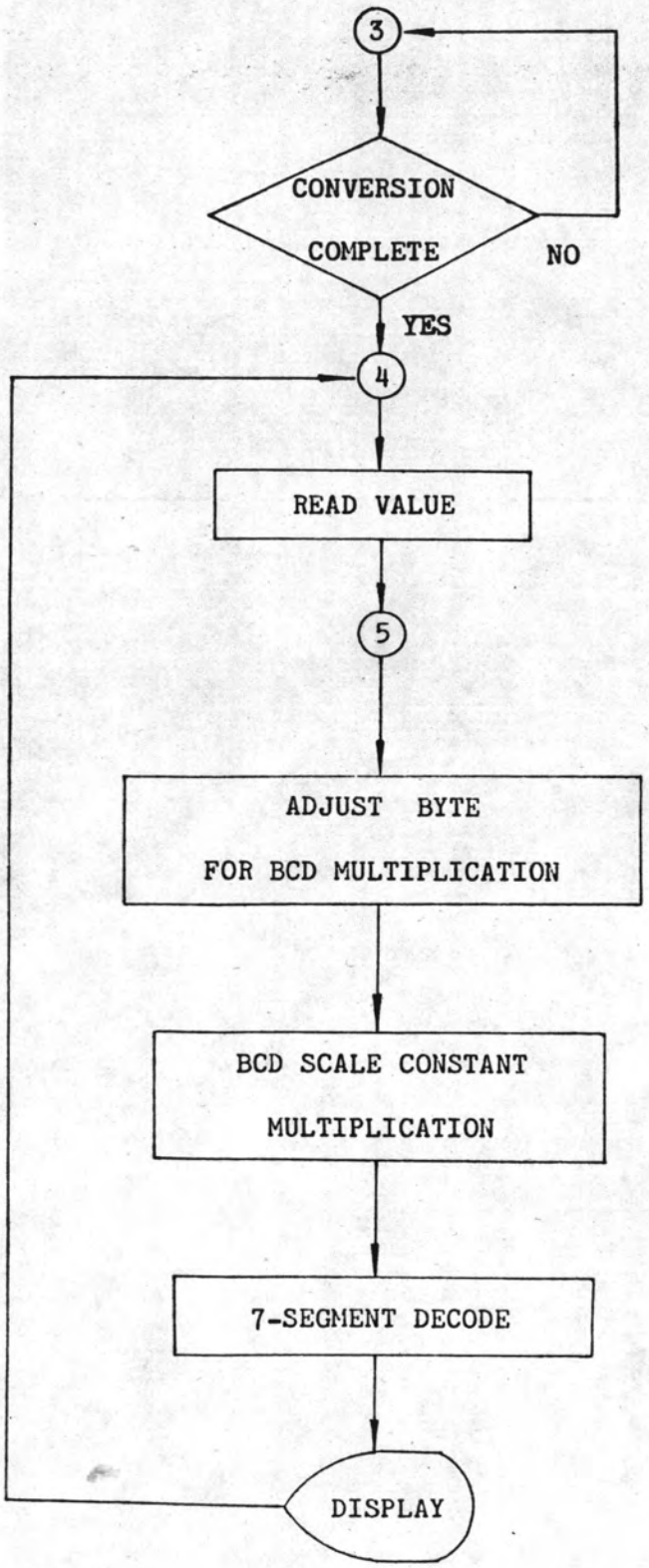
ตารางที่ 6.1 แสดงสถานะของสัญญาณการเลือกข้อมูล

การควบคุมการเปลี่ยนค่าสัญญาณแอนาลอกเป็นดิจิตอล ทำได้โดยส่งสัญญาณควบคุมเข้าไปที่ขา START CONVERSION ของ A/D และเมื่อสัญญาณแอนาลอกถูกแปลงเรียบร้อยแล้ว A/D ก็จะมีสัญญาณตอบกลับออกไปทางขา CONVERSION COMPLETE ขา OVERFLOW จะมีสัญญาณออกไปเมื่อระดับของสัญญาณแอนาลอกที่อินพุทมีค่าเกิน 2.000 โวลท์ (หรือสัญญาณดิจิตอลนับเกิน 3999) บล็อกไดอะแกรม และไทมิ่งไดอะแกรม (TIMMING DIAGRAM) ของ ADC 3711 CCN แสดงไว้ในภาคผนวก ฉ.

6.2.2 โปรแกรมข้อมูลคำสั่งของฮอลล์เอฟเฟ็คดิจิตอลวัตต์มิเตอร์

ก่อนที่จะเขียนโปรแกรมข้อมูลคำสั่ง เราจะต้องพิจารณาถึงสภาพของสัญญาณแอนาลอกเสียก่อน จากหัวข้อ 4.1 กำหนดให้สัญญาณ DC เอาท์พุทจากทรานสดิวเซอร์มีค่า 5 โวลท์ ที่แรงดัน


START
1
INKEY
SCALE SETTING
IS 115 V ?
YES
NO
IS 230 V ?
NO
YES
230 V SCALE
CONSTANT SETTING
115V SCALE
CONSTANT SETTING
2
INITIALIZE PIO
START A/D CONVERSION
3



รูปที่ 6.3 โฟลว์ชาร์ทของโปรแกรม ฮอลล์เอฟเฟ็คดิจิตอลวัตต์มิเตอร์

โปรแกรมข้อมูลคำสั่งของฮอลล์เอฟเฟ็คติ้งคอลวัตต์มิเตอร์

```
MACRO-80 3.36   17-Mar-80        PAGE    1

                                         .z80
0000'                                    aseg
                                         org     1800h
                                ;
                                ;create by:PHADUNGSILP.W
                                ;Dep.Electrical Engineering
                                ;Chulalongkorn University
                                ;
                                ;This program is the interface
                                ;program for interfaces Hall-
                                ;effect watt transducer with
                                ;Z-80 uP to display as watt meter
                                ;
                                ;Main program:
                                ;
                                ;display and flash "SCALE" "115" "230"
                                ;alternatly display each pattern 500mS
                                ;by looping 50 time
                                ;push "2" key for 230 V setting
                                ;push "1" key for 115 V setting
                                ;
1800    DD 21 183C      scfl:   ld      ix,blank
1804    CD 182C                 call    sclp
1807    DD 21 1842              ld      ix,scale
180B    CD 182C                 call    sclp
180E    DD 21 183C              ld      ix,blank
1812    CD 182C                 call    sclp
1815    DD 21 1848              ld      ix,v230
1819    CD 182C                 call    sclp
181C    DD 21 183C              ld      ix,blank
1820    CD 182C                 call    sclp
1823    DD 21 184E              ld      ix,v115
1827    CD 182C                 call    sclp
182A    18 D4                   jr      scfl
                                ;
                                ;
182C    06 32           sclp:   ld      b,50
182E    CD 0624         scseg:  call    scan1
1831    10 FB                   djnz    scseg
1833    FE 06                   cp      06h
1835    28 1D                   jr      z,cont23
1837    FE 0C                   cp      0ch
1839    28 35                   jr      z,cont15
183B    C9                      ret
                                ;
                                ;display pattern
```

```
MACRO-80 3.36   17-Mar-80       PAGE    1-1

                        ;
183C    00              blank:  db      000
183D    00                      db      000
183E    00                      db      000
183F    00                      db      000
1840    00                      db      000
1841    00                      db      000
                        ;
1842    8F              scale:  db      08fh    ;E
1843    85                      db      085h    ;L
1844    3F                      db      03fh    ;A
1845    8D                      db      08dh    ;C
1846    AE                      db      0aeh    ;S
1847    00                      db      000
                        ;
1848    00              v230:   db      000
1849    BD                      db      0bdh    ;0
184A    BA                      db      0bah    ;3
184B    9B                      db      09bh    ;2
184C    00                      db      000
184D    00                      db      000
                        ;
184E    00              v115:   db      000
184F    AE                      db      0aeh    ;5
1850    30                      db      030h    ;1
1851    30                      db      030h    ;1
1852    00                      db      000
1853    00                      db      000
                        ;
0624                    scan1   equ     0624h
                        ;
                        ;230 V constant setting
                        ;
1854    FD 21 18EE      cont23: ld      iy,dtconst
1858    FD 36 00 94             ld      (iy),94h
185C    FD 23                   inc     iy
185E    FD 36 00 35             ld      (iy),35h
1862    FD 23                   inc     iy
1864    FD 36 00 00             ld      (iy),00h
1868    FD 23                   inc     iy
186A    FD 36 00 00             ld      (iy),00h
186E    18 1C                   jr      mstart
                        ;
                        ;115 V constant setting
                        ;
1870    FD 21 18EE      cont15: ld      iy,dtconst
```

```
MACRO-80 3.36   17-Mar-80        PAGE    1-2

1874    FD 36 00 97                     ld      (iy),97h
1878    FD 23                           inc     iy
187A    FD 36 00 17                     ld      (iy),17h
187E    FD 23                           inc     iy
1880    FD 36 00 00                     ld      (iy),00h
1884    FD 23                           inc     iy
1886    FD 36 00 00                     ld      (iy),00h
188A    18 00                           jr      mstart
                        ;
                        ;read 4 digit BCD data from ADC-
                        ;3711 through portA of Z-80,using
                        ;portB control data of ADC chip
                        ;
                        ;
                        ;initialize PIO
                        ;
188C    3E 4F           mstart: ld      a,inport
188E    D3 82                   out     (ctrla),a
1890    3E 0F                   ld      a,oport
1892    D3 83                   out     (ctrlb),a
1894    3E 0C                   ld      a,stmea
1896    D3 81                   out     (portb),a
                        ;
                        ;initialize ADC 3711
                        ;
1898    DD 21 18E4      intadc: ld      ix,dataa
189C    FD 21 18E4              ld      iy,dataa
18A0    3E 08                   ld      a,digit0
18A2    D3 81           digsel: out     (portb),a
18A4    F5                      push    af
18A5    DB 80                   in      a,(porta)
18A7    FD 77 00                ld      (iy),a
18AA    FD 23                   inc     iy
18AC    F1                      pop     af
18AD    C6 01                   add     a,01
18AF    FE 0C                   cp      0ch
18B1    20 EF                   jr      nz,digsel
                        ;
                        ;readjust data byte from port A
                        ;for BCD multiplication
                        ;
18B3    CD 18F2                 call    dtmult
18B6    21 18E4         mult:   ld      hl,dataa
18B9    11 18EE                 ld      de,dtconst
18BC    06 04                   ld      b,bytlen
                        ;
```

```
MACRO-80 3.36   17-Mar-80       PAGE    1-3


                        ;multiply data input with constant
                        ;
18BE    CD 191B                 call    mpdmul
                        ;
                        ;delet overflow digit for 7seg.
                        ;display
                        ;
18C1    11 18E4         dispdt: ld      de,dataa
18C4    13                      inc     de
18C5    21 18E8                 ld      hl,outbf
18C8    06 03                   ld      b,3
                        ;
                        ;invert hexdec.to 7seg.code
                        ;
18CA    1A              hexseg: ld      a,(de)
18CB    CD 0678                 call    hex7seg
18CE    13                      inc     de
18CF    10 F9                   djnz    hexseg
                        ;
                        ;set decimal point
                        ;
18D1    2B                              dec     hl
18D2    2B                      dec     hl
18D3    2B                      dec     hl
18D4    2B                      dec     hl
18D5    CB F6                   set     6,(hl)
18D7    DD 21 18E8              ld      ix,outbf
18DB    06 32                   ld      b,50
                        ;
                        ;display data with 50 ms.time delay
                        ;
18DD    CD 0624         dispsc: call    scan1
18E0    10 FB                   djnz    dispsc
18E2    18 B4                   jr      intadc
                        ;
                        ;
0080                    porta   equ     80h
0081                    portb   equ     81h
0082                    ctrla   equ     82h
0083                    ctrlb   equ     83h
000C                    stmea   equ     00001100b
0008                    digit0  equ     00001000b
004F                    inport  equ     4fh
000F                    oport   equ     0fh
0678                    hex7seg equ     0678h
0624                    scan1   equ     0624h
```

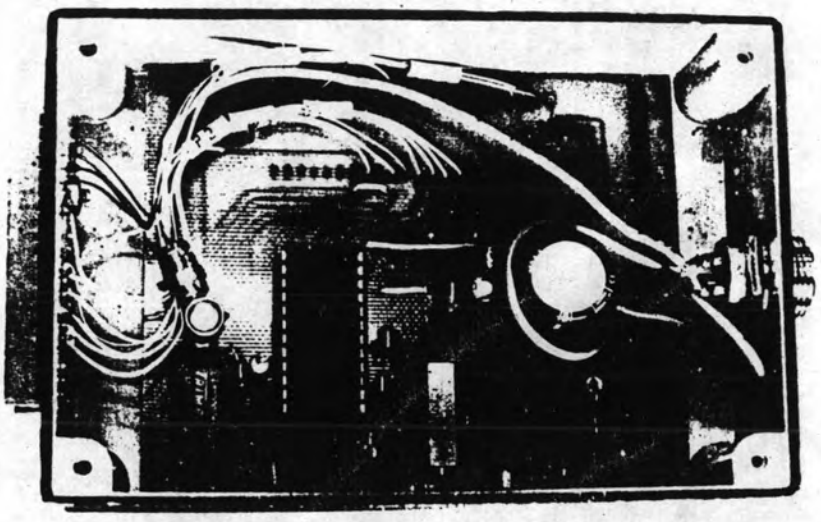
```
MACRO-80 3.36   17-Mar-80        PAGE    1-4

0004                            bytlen  equ     4
                                ;
                                ;
18E4                            dataa:  ds      4
18E8                            outbf:  ds      6
18EE                            dtconst:        ds      4
                                ;
                                ;dtmult:prepare data from I/O port for
                                ;display
                                ;
18F2    FD 7E FD                dtmult: ld      a,(iy-3)
18F5    17                              rla
18F6    17                              rla
18F7    17                              rla
18F8    17                              rla
18F9    FD B6 FC                        or      (iy-4)
18FC    FD 77 FC                        ld      (iy-4),a
18FF    FD 7E FE                        ld      a,(iy-2)
1902    FD 77 FD                        ld      (iy-3),a
1905    FD 7E FF                        ld      a,(iy-1)
1908    17                              rla
1909    17                              rla
190A    17                              rla
190B    17                              rla
190C    FD B6 FD                        or      (iy-3)
190F    FD 77 FD                        ld      (iy-3),a
1912    FD 36 FF 00                     ld      (iy-1),00
1916    FD 36 FE 00                     ld      (iy-2),00
191A    C9                              ret
                                ;
                                ;        BCD multiplication
                                ;mpdmul: multiply 2 arrays of BCD bytes
                                ;        multiplicand=multiplicand*multip
                                ;
191B    78                      mpdmul: ld      a,b
191C    B7                              or      a
191D    C8                              ret     z
191E    32 19CC                         ld      (len),a
1921    32 19CE                         ld      (lpcnt),a
1924    22 19D0                         ld      (mcadr),hl
1927    ED 53 19D2                      ld      (mpadr),de
192B    11 19DA                         ld      de,mcand
192E    ED 53 19D4                      ld      (nbyte),de
1932    48                              ld      c,b
1933    06 00                           ld      b,0
1935    ED B0                           ldir
```

```
1937  2A 19D0                    ld      hl,(mcadr)
193A  3A 19CC                    ld      a,(len)
193D  CD 19BC                    call    zerobuf
1940  3E 01              loop:   ld      a,1
1942  32 19CD                    ld      (dcnt),a
1945  97                dloop:  sub     a
1946  32 19CF                    ld      (ovrflw),a
1949  3A 19CD                    ld      a,(dcnt)
194C  B7                        or      a
194D  2A 19D4                    ld      hl,(nbyte)
1950  7E                        ld      a,(hl)
1951  20 04                     jr      nz,dloop1
1953  0F                        rrca
1954  0F                        rrca
1955  0F                        rrca
1956  0F                        rrca
1957  E6 0F              dloop1: and     0fh
1959  28 1D                     jr      z,sdigit
195B  4F                        ld      c,a
195C  2A 19D2              addlp:  ld      hl,(mpadr)
195F  11 19D6                    ld      de,prod
1962  3A 19CC                    ld      a,(len)
1965  47                        ld      b,a
1966  B7                        or      a
1967  1A                inner:  ld      a,(de)
1968  8E                        adc     a,(hl)
1969  27                        daa
196A  12                        ld      (de),a
196B  23                        inc     hl
196C  13                        inc     de
196D  10 F8                     djnz    inner
196F  30 04                     jr      nc,decnd
1971  21 19CF                    ld      hl,ovrflw
1974  34                        inc     (hl)
1975  0D                decnd:  dec     c
1976  20 E4                     jr      nz,addlp
1978  3A 19D6              sdigit: ld      a,(prod)
197B  E6 0F                     and     0fh
197D  47                        ld      b,a
197E  3A 19CD                    ld      a,(dcnt)
1981  B7                        or      a
1982  78                        ld      a,b
1983  20 04                     jr      nz,sd1
1985  0F                        rrca
1986  0F                        rrca
1987  0F                        rrca
```

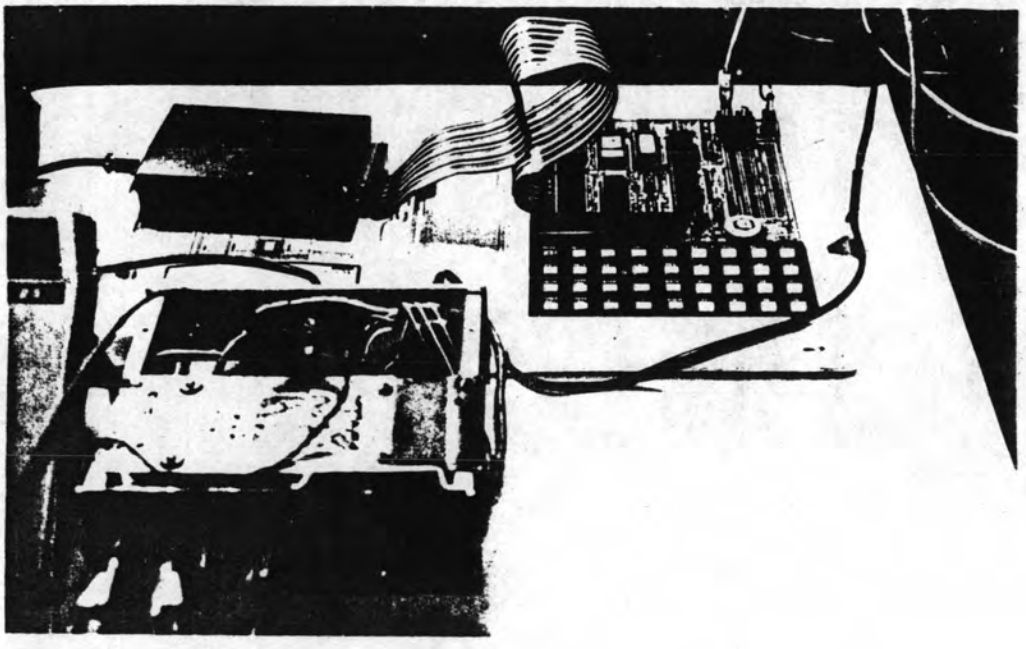
```
MACRO-80 3.36  17-Mar-80        PAGE    1-6

1988  0F                                rrca
1989  2A 19D0                   sd1:    ld      hl,(mcadr)
198C  B6                                or      (hl)
198D  77                                ld      (hl),a
198E  3A 19CC                           ld      a,(len)
1991  47                                ld      b,a
1992  5F                                ld      e,a
1993  16 00                             ld      d,0
1995  21 19D6                          ld      hl,prod
1998  19                                add     hl,de
1999  3A 19CF                           ld      a,(ovrflw)
199C  2B                        shftlp: dec     hl
199D  ED 67                             rrd
199F  10 FB                             djnz    shftlp
19A1  21 19CD                           ld      hl,dcnt
19A4  35                                dec     (hl)
19A5  28 9E                             jr      z,dloop
19A7  2A 19D4                           ld      hl,(nbyte)
19AA  23                                inc     hl
19AB  22 19D4                           ld      (nbyte),hl
19AE  2A 19D0                           ld      hl,(mcadr)
19B1  23                                inc     hl
19B2  22 19D0                           ld      (mcadr),hl
19B5  21 19CE                           ld      hl,lpcnt
19B8  35                                dec     (hl)
19B9  20 85                             jr      nz,loop
19BB  C9                        exit:   ret
19BC  36 00                     zerobuf:ld      (hl),0
19BE  3A 19CC                           ld      a,(len)
19C1  3D                                dec     a
19C2  C8                                ret     z
19C3  54                                ld      d,h
19C4  5D                                ld      e,l
19C5  13                                inc     de
19C6  4F                                ld      c,a
19C7  06 00                             ld      b,0
19C9  ED B0                             ldir
19CB  C9                                ret
                                ;
                                ;
                                        ;data
19CC                            len:    ds      1
19CD                            dcnt:   ds      1
19CE                            lpcnt:  ds      1
19CF                            ovrflw: ds      1
19D0                            mcadr:  ds      2
```

```
        MACRO-80 3.36   17-Mar-80          PAGE    1-7

19D2                            mpadr:  ds      2
19D4                            nbyte:  ds      2
19D6                            prod:   ds      4
19DA                            mcand:  ds      4
                                        end



        MACRO-80 3.36   17-Mar-80          PAGE    S

Macros:

Symbols:
ADDLP   195C                                                    BLANK   183C
BYTLEN  0004    CONT15  1870    CONT23  1854                    CTRLA   0082
CTRLB   0083    DATAA   18E4    DCNT    19CD                    DECND   1975
DIGITO  0008    DIGSEL  18A2    DISPDT  18C1                    DISPSC  18DD
DLOOP   1945    DLOOP1  1957    DTCONS  18EE                    DTMULT  18F2
EXIT    19BB    HEX7SE  0678    HEXSEG  18CA                    INNER   1967
INPORT  004F    INTADC  1898    LEN     19CC                    LOOP    1940
LPCNT   19CE    MCADR   19D0    MCAND   19DA                    MPADR   19D2
MPDMUL  191B    MSTART  188C    MULT    18B6                    NBYTE   19D4
OPORT   000F    OUTBF   18E8    OVRFLW  19CF                    PORTA   0080
PORTB   0081    PROD    19D6                                    SCALE   1842
SCAN1   0624    SCFL    1800    SCLP    182C                    SCSEG   182E
SD1     1989    SDIGIT  1978    SHFTLP  199C                    STMEA   000C
                V115    184E    V230    1848                    ZEROBU  19BC


No  Fatal error(s)
```

รูปแสดงฮอลล์เอฟเฟ็คดิจิตอลวัตต์มิเตอร์



รูปที่ 6.4 รูปแสดง A/D อินเตอร์เฟซ



รูปที่ 6.5 รูปแสดงฮอลล์เอฟเฟ็กวัดกำลังไฟฟ้า ต่างๆร่วมกับ Z-80 ไมโครโปรเซสเซอร์