

1. The architecture of the implemented assembler

- OPTAB：儲存有支援的 mnemonic 及其格式與 opcode，供 Pass1 用。
- Pass1 階段(定義符號)：
 - 計算程式中 directive 跟 mnemonic 的 LOC。
 - 處理好 directive，像是 BYTE 或 RESW 用多少 LOC。
 - Label 不能跟 directive 或 mnemonic 一樣。
 - 建立 SYMTAB，記錄程式中所有 Label 的 LOC，供 Pass2 用。
- Pass2 階段(翻譯程式並產生 object code)：
 - 翻譯程式（根據不同格式找到其位址）。
 - 處理 BYTE 等 directive 的值到 object code。
 - 輸出 object code 到 record。

2. Learned and experienced during the implementation

■ 12/21 實現 Pass1 階段：

- OPTAB：儲存 mnemonic、format、opcode。
- ASMTAB：用來記錄每一行程式的資訊。每一行分割 token 後分別儲存到此表格的 loc、label、opcode、operand，同時更新 LOCCTR。
- SYMTAB：每當處理過程遇到一個 label 時，LOCCTR 的現行值就是該 symbol 的位址，新增到 SYMTAB。

```
daiya@DESKTOP-FFIP9B2 /cygdrive/d/sp_final
$ ./a

=== OPTAB Content ===
Mnemonic  Format  OPcode
STL        3      14
LDB        3      68
JSUB       4      48
LDA        3      00
COMP       3      28
JEQ        3      30
J          3      3C
STA        3      3C
CLEAR      2      B4
LDT        3      74
LDT        4      74
TD         3      E0
RD         3      D8
COMPR      2      A0
STCH       3      54
TIXR       2      B8
JLT        3      38
STX        3      10
LDCH       3      50
WD         3      DC
RSUB       3      4C
=====
```

OPTAB 內容

```

=== Pass1: list ===
Line  Loc      Source statement
0      0000  COPY      START    0
5      0000  FIRST     STL      RETADR
10     0003  *         LDB      #LENGTH
15     0006  *         BASE     LENGTH
20     0006  CLOOP     +JSUB    RDREC
25     000A  *         LDA      LENGTH
30     000D  *         COMP     #0
35     0010  *         JEQ      ENDFIL
40     0013  *         +JSUB    WRREC
45     0017  *         J        CLOOP
50     001A  ENDFIL    LDA      EOF
55     001D  *         STA      BUFFER
60     0020  *         LDA      #3
65     0023  *         STA      LENGTH
70     0026  *         +JSUB    WRREC
75     002A  *         J        @RETADR
80     002D  EOF       BYTE     C'EOF'
85     0030  RETADR    RESW     1
90     0033  LENGTH    RESW     1
95     0036  BUFFER    RESB     4096
100    1036  RDREC     CLEAR    X
105    1038  *         CLEAR    A
110    103A  *         CLEAR    S
115    103C  *         +LDT     #4096
120    1040  RLOOP     TD       INPUT
125    1043  *         JEQ      RLOOP
130    1046  *         RD       INPUT
135    1049  *         COMPR    A,S
140    104B  *         JEQ      EXIT
145    104E  *         STCH     BUFFER,X
150    1051  *         TIXR     T
155    1053  *         JLT      RLOOP
160    1056  EXIT      STX      LENGTH
165    1059  *         RSUB     *
170    105C  INPUT     BYTE     X'F1'
175    105D  WRREC     CLEAR    X
180    105F  *         LDT      LENGTH
185    1062  WLOOP     TD       OUTPUT
190    1065  *         JEQ      WLOOP
195    1068  *         LDCH     BUFFER,X
200    106B  *         WD       OUTPUT
205    106E  *         TIXR     T
210    1070  *         JLT      WLOOP
215    1073  *         RSUB     *
220    1076  OUTPUT    BYTE     X'05'
225    1077  *         END      FIRST
=====

```

經過 Pass1 後 ASMTAB 內容

```
=== Pass1: SYMTAB ===  
COPY 0000  
FIRST 0000  
CLOOP 0006  
ENDFIL 001A  
EOF 002D  
RETADR 0030  
LENGTH 0033  
BUFFER 0036  
RDREC 1036  
RLOOP 1040  
EXIT 1056  
INPUT 105C  
WRREC 105D  
WLOOP 1062  
OUTPUT 1076  
=====
```

SYMTAB 內容

■ 12/22 實現部分 Pass2 需要的功能：

- REGTAB：存 SIC/XE 有支援的 register 及其對應的號碼，處理 format 2 查表用。
- 函式 format2Process：看 operand 是一個還是兩個 register 加上指令的 opcode 生成 object code。

```
=== REGTAB Content ===  
Name Number  
A 0  
X 1  
L 2  
PC 8  
SW 9  
B 3  
S 4  
T 5  
F 6  
=====
```

REGTAB 內容

```

=== Pass2: list ===
Line  Loc      Source statement      Object code
0      0000  COPY      START      0
5      0000  FIRST     STL      RETADR
10     0003  *         LDB      #LENGTH
15     0006  *         BASE     LENGTH
20     0006  CLOOP     +JSUB    RDREC
25     000A  *         LDA      LENGTH
30     000D  *         COMP     #0
35     0010  *         JEQ      ENDFIL
40     0013  *         +JSUB    WRREC
45     0017  *         J        CLOOP
50     001A  ENDFIL    LDA      EOF
55     001D  *         STA      BUFFER
60     0020  *         LDA      #3
65     0023  *         STA      LENGTH
70     0026  *         +JSUB    WRREC
75     002A  *         J        @RETADR
80     002D  EOF       BYTE     C'EOF'
85     0030  RETADR    RESW     1
90     0033  LENGTH    RESW     1
95     0036  BUFFER    RESB     4096
100    1036  RDREC     CLEAR    X      B410
105    1038  *         CLEAR    A      B400
110    103A  *         CLEAR    S      B440
115    103C  *         +LDT     #4096
120    1040  RLOOP     TD       INPUT
125    1043  *         JEQ      RLOOP
130    1046  *         RD       INPUT
135    1049  *         COMPR    A,S      A004
140    104B  *         JEQ      EXIT
145    104E  *         STCH     BUFFER,X
150    1051  *         TIXR     T      B850
155    1053  *         JLT      RLOOP
160    1056  EXIT      STX      LENGTH
165    1059  *         RSUB     *
170    105C  INPUT     BYTE     X'F1'
175    105D  WRREC     CLEAR    X      B410
180    105F  *         LDT      LENGTH
185    1062  WLOOP     TD       OUTPUT
190    1065  *         JEQ      WLOOP
195    1068  *         LDCH     BUFFER,X
200    106B  *         WD       OUTPUT
205    106E  *         TIXR     T      B850
210    1070  *         JLT      WLOOP
215    1073  *         RSUB     *
220    1076  OUTPUT    BYTE     X'05'
225    1077  *         END      FIRST

```

```

=====
daiya@DESKTOP-FFIP9B2 /cygdrive/d/sp_final

```

只處理 format 2 的 list 內容

■ 12/23 (白天) 實現部分 Pass2 需要的功能：

- 函式 findsymbol：查詢 label，給 format 4 處理 address 用。
- 函式 format4Process：根據 mnemonic & operand 設置 opcode、flag、address。

```
=== Pass2: list ===
Line  Loc   Source statement      Object code
0      0000  COPY      START      0
5      0000  FIRST     STL        RETADR
10     0003  *         LDB        #LENGTH
15     0006  *         BASE      LENGTH
20     0006  CLOOP    +JSUB     RDREC      4B101036
25     000A  *         LDA        LENGTH
30     000D  *         COMP      #0
35     0010  *         JEQ       ENDFIL
40     0013  *         +JSUB     WRREC      4B10105D
45     0017  *         J         CLOOP
50     001A  ENDFIL   LDA        EOF
55     001D  *         STA        BUFFER
60     0020  *         LDA        #3
65     0023  *         STA        LENGTH
70     0026  *         +JSUB     WRREC      4B10105D
75     002A  *         J         @RETADR
80     002D  EOF      BYTE      C'EOF'
85     0030  RETADR   RESW      1
90     0033  LENGTH   RESW      1
95     0036  BUFFER   RESB      4096
100    1036  RDREC    CLEAR     X          B410
105    1038  *        CLEAR     A          B400
110    103A  *        CLEAR     S          B440
115    103C  *        +LDT      #4096      75101000
120    1040  RLOOP    TD        INPUT
125    1043  *        JEQ       RLOOP
130    1046  *        RD        INPUT
135    1049  *        COMPR     A,S        A004
140    104B  *        JEQ       EXIT
145    104E  *        STCH      BUFFER,X
150    1051  *        TIXR      T          B850
155    1053  *        JLT       RLOOP
160    1056  EXIT     STX       LENGTH
165    1059  *        RSUB      *
170    105C  INPUT    BYTE      X'F1'
175    105D  WRREC    CLEAR     X          B410
180    105F  *        LDT       LENGTH
185    1062  WLOOP    TD        OUTPUT
190    1065  *        JEQ       WLOOP
195    1068  *        LDCH      BUFFER,X
200    106B  *        WD        OUTPUT
205    106E  *        TIXR      T          B850
210    1070  *        JLT       WLOOP
215    1073  *        RSUB      *
220    1076  OUTPUT   BYTE      X'05'
225    1077  *        END       FIRST
=====
```

只處理 format 2 & 4 的 list 內容

■ 12/23（晚上）實現 Pass2 階段：

➤ 函式 format3Process：根據 mnemonic & operand 設置 opcode

& n、i、x、e flag，然後在計算 offset 算 disp，同時間設置

p、b flag。

```

=== Pass2: list ===
Line  Loc      Source statement      Object code
0      0000  COPY      START      0
5      0000  FIRST     STL      RETADR      17202D
10     0003  *         LDB      #LENGTH    69202D
15     0006  *         BASE     LENGTH
20     0006  CLOOP     +JSUB    RDREC      4B101036
25     000A  *         LDA      LENGTH    032026
30     000D  *         COMP     #0       290000
35     0010  *         JEQ      ENDFIL    332007
40     0013  *         +JSUB    WRREC      4B10105D
45     0017  *         J        CLOOP     3F2FEC
50     001A  ENDFIL    LDA      EOF       032010
55     001D  *         STA      BUFFER    0F2016
60     0020  *         LDA      #3       010003
65     0023  *         STA      LENGTH    0F200D
70     0026  *         +JSUB    WRREC      4B10105D
75     002A  *         J        @RETADR    3E2003
80     002D  EOF      BYTE     C'EOF'     454F46
85     0030  RETADR    RESW      1
90     0033  LENGTH    RESW      1
95     0036  BUFFER    RESB      4096
100    1036  RDREC     CLEAR     X        B410
105    1038  *         CLEAR     A        B400
110    103A  *         CLEAR     S        B440
115    103C  *         +LDT     #4096     75101000
120    1040  RLOOP     TD        INPUT     E32019
125    1043  *         JEQ      RLOOP     332FFA
130    1046  *         RD        INPUT     DB2013
135    1049  *         COMPR    A,S       A004
140    104B  *         JEQ      EXIT      332008
145    104E  *         STCH     BUFFER,X   57C003
150    1051  *         TIXR     T         B850
155    1053  *         JLT      RLOOP     3B2FEA
160    1056  EXIT      STX      LENGTH    134000
165    1059  *         RSUB     *         4F0000
170    105C  INPUT     BYTE     X'F1'     F1
175    105D  WRREC     CLEAR     X        B410
180    105F  *         LDT      LENGTH    774000
185    1062  WLOOP     TD        OUTPUT    E32011
190    1065  *         JEQ      WLOOP     332FFA
195    1068  *         LDCH     BUFFER,X   53C003
200    106B  *         WD        OUTPUT    DF2008
205    106E  *         TIXR     T         B850
210    1070  *         JLT      WLOOP     3B2FEF
215    1073  *         RSUB     *         4F0000
220    1076  OUTPUT    BYTE     X'05'     05
225    1077  *         END      FIRST
=====

```

處理 format 2 & 3 & 4 後的 list 內容

- Record：根據課本定義格式輸出 objectProgram.txt

```
=====
H^COP^Y ^000000^001077
T^000000^1D^17202D^69202D^4B101036^032026^290000^332007^4B10105D^3F2FEC^032010
T^00001D^13^0F2016^010003^0F200D^4B10105D^3E2003^454F46
T^001036^1D^B410^B400^B440^75101000^E32019^332FFA^DB2013^A004^332008^57C003^B850
T^001053^1D^3B2FEA^134000^4F0000^F1^B410^774000^E32011^332FFA^53C003^DF2008^B850
T^001070^07^3B2FEF^4F0000^05
M^000007^05
M^000014^05
M^000027^05
E^000000

daiya@DESKTOP-FFIP9B2 /cygdrive/d/sp_final
$ |
```

3. implement more than the required specification

沒有。

4. Do you make the implementation yourself

是，但我有使用 ChatGPT o1。

5. Any thing you would like to let G.H.Hwang know

謝謝老師。