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
                   14
           3
                   68
LDB
JSUB
                   48
LDA
           3
                   00
COMP
                   28
JEQ
                   30
                   3C
                   3C
CLEAR
                   В4
           3
                   74
                   74
LDT
                   E0
TD
RD
           3
                   D8
COMPR
           2
                   A0
                   54
STCH
                   В8
JLT
                   38
STX
                   10
LDCH
                   50
WD
           3
                   DC
RSUB
           3
                   4C
```

OPTAB 內容

```
Pass1:
             list ===
Line
       Loc
                Source statement
       0000
              COPY
                       START
0
       0000
              FIRST
                       STL
                                RETADR
10
       0003
                       LDB
                                #LENGTH
15
                                LENGTH
       0006
                       BASE
20
              CLOOP
       0006
                       +JSUB
                                RDREC
25
       000A
                       LDA
                                LENGTH
30
                       COMP
       000D
                                #0
       0010
35
                       JEQ
                                ENDFIL
40
       0013
                       +JSUB
                                WRREC
45
       0017
                                CLOOP
50
       001A
                       LDA
              ENDFIL
                                EOF
55
       001D
                       STA
                                BUFFER
       0020
60
                       LDA
                                #3
65
       0023
                       STA
                                LENGTH
       0026
                       +JSUB
                                WRREC
70
75
       002A
                                @RETADR
                       J
80
       002D
              EOF
                       BYTE
                                C'EOF'
85
       0030
              RETADR
                       RESW
90
       0033
              LENGTH
                       RESW
95
              BUFFER
                       RESB
                                4096
       0036
100
              RDREC
       1036
                       CLEAR
                                Х
105
       1038
                       CLEAR
                                A
110
       103A
                       CLEAR
115
       103C
                       +LDT
                                #4096
120
       1040
              RLOOP
                       TD
                                INPUT
125
       1043
                                RLOOP
                       JEQ
130
       1046
                       RD
                                INPUT
135
       1049
                       COMPR
                                A,S
140
       104B
                                EXIT
                       JEQ
145
       104E
                       STCH
                                BUFFER, X
150
       1051
                       TIXR
155
       1053
                                RLOOP
                       JLT
160
       1056
              EXIT
                       STX
                                LENGTH
165
       1059
                       RSUB
                                X'F1'
170
       105C
              INPUT
                       BYTE
                       CLEAR
175
       105D
              WRREC
180
       105F
                       LDT
                                LENGTH
185
       1062
              WLOOP
                       TD
                                OUTPUT
190
       1065
                       JEQ
                                WLOOP
                       LDCH
195
       1068
                                BUFFER,X
200
       106B
                                OUTPUT
                       WD
       106E
205
                       TIXR
       1070
1073
210
                       JLT
                                WLOOP
                       RSUB
215
              OUTPUT
                                X'05'
220
       1076
                       BYTE
225
       1077
                       END
                                FIRST
```

經過 Pass1 後 ASMTAB 內容

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 內容

```
Pass2:
            list ===
      Loc
                Source statement
                                            Object code
      0000
             COPY
                       START
                                0
      0000
             FIRST
                       STL
                                RETADR
10
       0003
                       LDB
                                #LENGTH
15
       0006
                       BASE
                                LENGTH
20
                                RDREC
       0006
             CLOOP
                       +JSUB
25
      000A
                      LDA
                                LENGTH
30
                       COMP
      000D
                                #0
35
      0010
                       JEQ
                                ENDFIL
                       +JSUB
40
      0013
                                WRREC
45
      0017
                       J
                                CLOOP
50
                      LDA
       001A
             ENDFIL
                                E0F
55
       001D
                                BUFFER
                       STA
60
       0020
                       LDA
                                #3
65
      0023
                       STA
                                LENGTH
70
75
80
                       +JSUB
       0026
                                WRREC
      002A
                                @RETADR
             EOF
                                C'EOF'
      002D
                       BYTE
85
      0030
             RETADR
                       RESW
90
       0033
             LENGTH
                       RESW
95
       0036
             BUFFER
                       RESB
                                4096
      1036
             RDREC
100
                      CLEAR
                                             B410
                                х
105
      1038
                      CLEAR
                                             B400
110
      103A
                      CLEAR
                                             B440
115
      103C
                       +LDT
                                #4096
120
      1040
             RLOOP
                                INPUT
                       TD
125
      1043
                       JEQ
                                RLOOP
130
       1046
                       RD
                                INPUT
135
       1049
                                A,S
                      COMPR
                                             A004
140
      104B
                                EXIT
                       JEQ
145
      104E
                       STCH
                                BUFFER,X
150
      1051
                       TIXR
                                             B850
155
      1053
                                RLOOP
                       JLT
160
      1056
             EXIT
                                LENGTH
                       STX
165
      1059
                       RSUB
                                X'F1'
170
       105C
             INPUT
                       BYTE
175
       105D
             WRREC
                      CLEAR
                                             B410
180
      105F
                      LDT
                                LENGTH
185
      1062
             WLOOP
                                OUTPUT
                       TD
190
       1065
                                WLOOP
                       JEQ
195
      1068
                       LDCH
                                BUFFER,X
200
      106B
                                OUTPUT
                       WD
205
      106E
                       TIXR
                                             B850
210
       1070
                       JLT
                                WLOOP
215
       1073
                       RSUB
220
      1076
                                X'05'
             OUTPUT
                       BYTE
225
      1077
                       END
                                FIRST
daiya@DESKTOP-FFIP9B2 /<mark>cygdrive/d/sp_final</mark>
```

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。

ine	Loc	Source statement			Object code
)	0000	COPY	START	0	
5	0000	FIRST	STL	RETADR	
.0	0003		LDB	#LENGTH	
.5	0006		BASE	LENGTH	
0	0006	CLOOP	+JSUB	RDREC	4B101036
25	000A		LDA	LENGTH	
30	000D		COMP	#0	
35	0010		JEQ	ENDFIL	
10	0013		+JSUB	WRREC	4B10105D
15	0017		J	CL00P	
0	001A	ENDFIL	LDA	EOF	
55	001D		STA	BUFFER	
50	0020		LDA	#3	
55	0023		STA	LENGTH	
70	0026		+JSUB	WRREC	4B10105D
75	002A		J	@RETADR	
30	002D	EOF	BYTE	C'EOF'	
35	0030	RETADR	RESW	1	
90	0033	LENGTH	RESW	1	
95	0036	BUFFER	RESB	4096	
L00	1036	RDREC	CLEAR	X	B410
L05	1038		CLEAR	A	B400
110	103A		CLEAR	S	B440
L15	103C		+LDT	#4096	75101000
L20	1040	RLOOP	TD	INPUT	
L25	1043		JEQ	RLOOP	
L30	1046		RD	INPUT	
L35	1049		COMPR	A,5	A004
L40	104B		JEQ	EXIT	
L45	104E		STCH	BUFFER,X	
L50	1051		TIXR	Т	B850
L55	1053		JLT	RLOOP	
L60	1056	EXIT	STX	LENGTH	
L65	1059		RSUB		
L70	105C	INPUT	BYTE	X'F1'	
L75	105D	WRREC	CLEAR	X	B410
L80	105F		LDT	LENGTH	
L85	1062	WLOOP	TD	OUTPUT	
L90	1065		JEQ	WLOOP	
L95	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 \(v \) e flag , 然後在計算 offset 算 disp , 同時間設置
 p \(v \) b flag 。

=== P	ass2:	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	CL00P	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	Т	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				
195 200	1068 106B		LDCH	BUFFER,X	53C003				
		*	WD TTVB	OUTPUT	DF2008				
205	106E		TIXR	T WLOOP	B850				
210 215	1070		JLT RSUB	WLOOP *	3B2FEF				
220	1073	OUTPUT		X'05'	4F0000 05				
225	1076 1077	*	BYTE END	FIRST	03				
223 1011 END F1K31									

處理 format 2 & 3 & 4 後的 list 內容

■ Record:根據課本定義格式輸出 objectProgram.txt

```
HACOPY A00000A001077
TA000000A1DA17202DA69202DA4B101036A032026A290000A332007A4B10105DA3F2FECA032010
TA00001DA13A0F2016A010003A0F200DA4B10105DA3E2003A454F46
TA001036A1DAB410AB400AB440A75101000AE32019A332FFAADB2013AA004A332008A57C003AB850
TA001053A1DA3B2FEAA134000A4F0000AF1AB410A774000AE32011A332FFAA53C003ADF2008AB850
TA001070A07A3B2FEFA4F0000A05
MA000007A05
MA000014A05
MA000014A05
MA000027A05
EA000000

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。