310243: Systems Programming and Operating System

Course Objectives:

- •To get acquainted with the basics of System Programming.
- •To acquire knowledge of data structures used in the design of System Software.
- •To be familiar with the format of object modules, the functions of linking, relocation, and loading.
- •To comprehend the structures and functions of Operating Systems and process management.
- •To deal with concurrency and deadlock in the Operating System.
- •To learn and understand memory management of Operating System.

310243: Systems Programming and Operating System

Course Outcomes:

On completion of the course, learners should be able to-

CO1: Analyze and synthesize basic System Software and its functionality.

CO2: Identify suitable data structures and Design & Implement various System Software

CO3: Compare different loading schemes and analyze the performance of linker and loader

CO4: Implement and Analyze the performance of process scheduling algorithms

CO5: Identify the mechanism to deal with deadlock and concurrency issues

CO6: Demonstrate memory organization and memory management policies

Macro Processor and Compiler

UNIT-II

Syllabus

Introduction, Features of a Macro facility: Macro instruction arguments, Conditional Macro expansion, Macro calls within Macros, Macro instructions defining Macro, Design of two pass Macro processor, Concept of single pass Macro processor

Introduction to Compilers: Phases of Compiler with one example, Comparison of Compiler and Interpreter

#Exemplar/Case Studies: GNU M4 Macro Processor

Mapping of Course Outcomes for Unit II: CO1, CO2, CO3

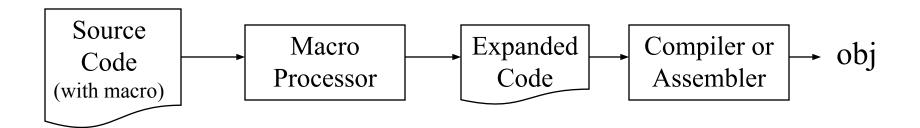
Introduction to Macro Processor

- Macro instructions are considered as the extension of the basic assembler language.
- A macro instruction is convenient for the programmer in terms of notation.
- A macro is a single-line abbreviation used for a group of instructions.
- It allows the programmer to write shorthand version of a program (<u>module programming</u>)
- The macro processor replaces each macro call with the corresponding sequence of statements (<u>expanding</u>)

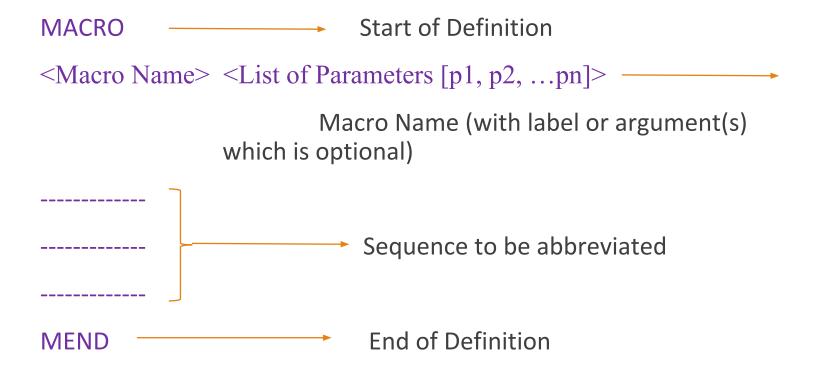
Macro Processor

Working of Macro Processor

- 1. Recognizes macro definitions
- 2. Saves the macro definition
- 3. Recognizes macro calls
- 4. Expands macro calls



Macro Definition



Macro Definition (cont..)

Example:

```
MACRO
```

ADDS & arg1, & arg2, & arg3

L 1, &arg1

A 1, &arg2

ST 1, &arg3

MEND

Macro Call

<Macro Name> <List of Actual parameters[a1, a2, ...an]>

For Ex. ?

ADDS DATA1, DATA2, DATA3

Macro Expansion

```
//Source Code with Macro definition &
                                        // Processed code after macro
macro call
                                           Expansion
MACRO
                                        PROG
                                              START
ADDS
        &arg1,&arg2,&arg3
                                            BALR
                                                    15,0
        1, &arg1
                                            USING *,15
       1, &arg2
                                                1, DATA1
        1, &arg3
ST
                                                                     Macro
                                                1, DATA2
MFND
                                                                     Expansion
                                            ST
                                                1,DATA3
PROG
        START
                                            SR 4,4
    BALR
            15,0
                                        DATA1
                                                DC F'3'
    USING
          *,15
                                        DATA2 DC F'4'
   ADDS
            DATA1, DATA2, DATA3
    SR 4,4
                                        DATA3
                                                DS 1F
DATA1 DC F'3'
                                            END
DATA2 DC F'4'
```

8/2/2024

DS

1F

DATA3

END

Macro Expansion (cont..)

D5

D6

DC F'2'

1F

DS

END

Source program with Macro Definition & Macro call

```
MACRO
ADDS & arg1, & arg2, & arg3
           1, &arg1
           1, &arg2
           1, &arg3
ST
MEND
PROG START
```

```
BALR 15,0
    USING
             *.15
    ADDS DATA1, DATA2, DATA3
    SR
         4,4
    ADDS D4, D5, D6
         DC F'3'
DATA1
DATA2 DC F'4'
DATA3
         DS
             1F
    DC F'1'
D4
       F'2'
D5
    DC
```

Source program after macro expansion

```
PROG
         START
    BALR
             15.0
    USING *,15
         1, DATA1
         1, DATA2
                                 1st Macro
    ST 1, DATA3
                                 call
    SR
         4, 4
         1. D4
                               2<sup>nd</sup> Macro
    A 1, D5
                               call
    ST 1, D6
         DC F'3'
DATA1
         DC F'4'
DATA2
DATA3
         DS 1F
    DC F'1'
D4
```

END

Parameter Substitution

- Positional Formal Argument
- Keyword Argument
- Default Argument

Positional Formal Argument

// MACRO DEFINITION

MACRO

ADDS & arg1, & arg2, & arg3

L 1, **&arg1**

A 1, & arg 2

ST 1, &arg3

MEND

/MACRO CALL

ADDS DATA1, DATA2, DATA3

Formal Parameter Actual Parameter

&arg1 DATA1

&arg2 DATA2

&arg3 DATA3

Keyword Argument

//MACRO DEFINITION

MACRO

ADDS & arg1=, & arg2=, & arg3=

1, & arg l

A 1, & arg 2

ST 1, & arg3

MEND

//MACRO CALL

ADDS & arg1=DATA1, & arg2= DATA2, & arg3= DATA3

• • • • • •

ADDS &arg2= DATA2, &arg3= DATA3, &arg1=DATA1

Formal Parameter Actual Parameter

&arg1 DATA1

&arg2 DATA2

&Arg3 DATA3

Default Argument

//MACRO DEFINITION

MACRO

ADDS & arg1=, & arg2=, & arg3=4

L 1, **&arg1**

A 1, & arg 2

ST 1, & arg3

MEND

/MACRO CALL

ADDS & arg1=D1, & arg2= D2

.

ADDS & arg2= D2, & arg1=D1

ADDS & & arg2= D2, & arg1=D1, & arg3=100

Formal Parameter		Value	
&arg1	D1		
&arg2	D2		
&arg3	100		

//ilt overrides default value

Macro with Mixed Parameter Lists

Macro can use all three types of parameters together

Example:-

```
//MACRO DEFINITION
MACRO
ADDS <
          &arg1, &arg2=45, &arg3=
          1, & arg 1
          1, & arg 2
          1,&arg3
ST
MEND
//MACRO CALL
ADDS
          D1, &arg3 = D3
ADDS
          D1, &arg3=D6, &arg2=400
```

Macro vs. Subroutine

Macro:

- Every macro call is replaced by its definition.
- After expansion of program, length increases.
 So, more memory is required.
- Processing time is less as compared to subroutine processing, because there is no context switching during macro processing.

Subroutine

- Every Subroutine (function) call transfers control to the first instruction of subroutine which is called.
- After processing subroutine call, the program size remains same.
- Processing time is increased due to context switching.

Advanced Macro Facilities

- Macro Calls within Macros (Nested Macro Calls)
- Macro instruction defining Macros
- Conditional Macro Expansion
- Expansion time variables
- Expansion time Loops

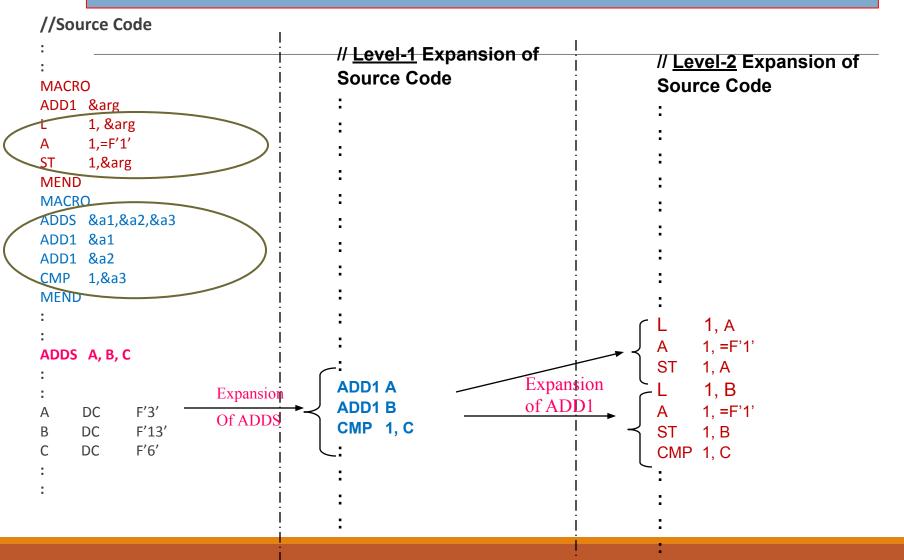
Macro Calls within Macros (Nested Macro Calls)

Macro definition of one macro may generate call to another macro is called as nested macro calls.

Example.



Macro Calls within Macros (Nested Macro Calls) (cont..)



Macro Instruction Defining Macros

Macro definition may defines another macro

MACRO

Ex.

```
DEFINE
         &SUB
MACRO
&SUB
         &Y
CNOP
         0,4
                                                Outer
BAL
         1,*+8
                                   Inner
         A(&Y)
DC
                                   Macro
                                                Macro
         15,V(&SUB)
BALR14,15
MEND
MEND
```

Macro calls

DEFINE COS COS AR

Conditional Macro Expansion

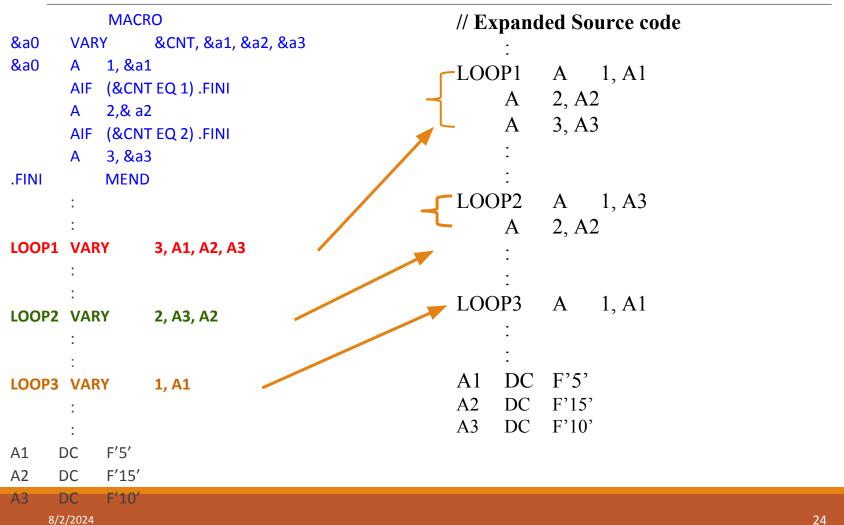
AIF & AGO are used for conditional macro expansion

Need of Conditional Macro Expansion

Lets consider example:

```
LOOP1 A 1, A1
   A 2, A2
   A 3, A3
LOOP2 A 1, A3
   A 2, A2
LOOP3 A 1, A1
A1 DC F'5'
A2 DC F'15'
A3 DC F'10'
```

Conditional Macro Expansion



AIF, .FINI, AGO

.FINI: it is macro label and don't appear in output of macro processor.

AIF(&count EQ 1).FINI:- The pseudoo op directs the macro processor to skip the statement labeled .FINI, if "&count" value is 1; otherwise, the macro processor is to continue with the statement following AIF pseudoop.

AGO:- it is unconditional branch pseudo op like "go to".

Design of Two pass macro Processor

Pass-1:

- Recognizes Macro Definition
- Stores Macro Instruction Definitions

Pass-2:

- Recognizes Macro Calls
- Expands calls and substitute actual arguments

8/2/2024

26

Specifications of Data Structures

Pass-1 Data structures/ programs :

- Source program with macro definitions and macro calls
- Output file without macro definitions & with macro calls
- Macro Definition Table (MDT)
- Macro Name Table (MNT)
- Argument List Array (ALA)
- Macro Definition Table Counter (MDTC): Integer Variable
- Macro Name Table Counter (MNTC): Integer Variable

Pass-2 Data structures/programs:

- Input file without macro definitions & with macro calls
- Expanded output file without macro definitions & macro calls (Free from Macro)
- Refers Macro Definition Table (MDT) created by Pass-1
- Refers Macro Name Table (MNT) created by Pass-1
- Argument List Array (ALA) to map formal parameters with actual
- Macro Definition Table Pointer (MDTP): Integer Variable

Formats of Data Structures

• Macro Name Table (MNT)

MNTC	Macro Name	MDTC
1	ADDS	1
2		

Formats of Data Structures (Cont..)

Macro Definition Table (MDT)

MDTC	Macro Definition Instruction Entry (80 bytes per entry)		
1	& Lab ADDS &A1, &A2		
2	#0 A 1, #1		
3	A 1, #2		
4	MEND		
5			
:			
:			
•			

Formats of Data Structures (Cont..)

• Arguments List Array (ALA)

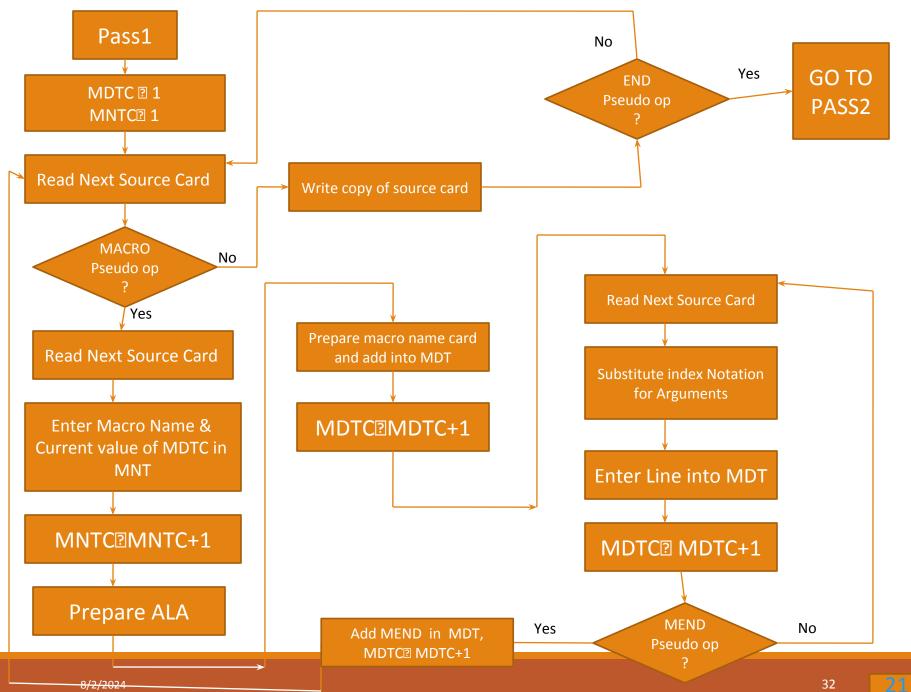
Index	Formal Arguments	Actual Arguments
0	&Lab	-
1	&A1	-
2	&A2	-
3		
:		
:		

Two Pass Macro Processor

Data structures used in two pass macro processor:-

- 1. Macro Definition Table(MDT) Store definition of macro
- Macro Name Table (MNT)

 Store name of macro along with address of macro definition.
- 3. Argument List Array (ALA) used to substitute index markers for dummy arguments before storing a macro definition.
- 4. Macro definition table counter (MDTC) used to indicate the next available entry in the MDT
- 5. Macro name table counter (MNTC) used to indicate the next available entry in MNT.
- 6. Macro definition table pointer (MDTP) used to indicate the next line of text to be used during macro expansion.



Source Code:

Intermediate Code after pass1:

```
MAC START 100
      MACRO
      ADD1 &A1, &A2, &A3
&A0
&A0
          1, &A1
           2, &A2
      L
          1, 2
      AR
      MUL 1, &A3
      ST
           N, 1
      MEND
      MACRO
      SUB
          &P1, &P2
           1, &P1
      S
           1, &P2
      ST
           2, 1
      MEND
TOTAL EQU 5
           1,D1
      L
      SR
           2,2
           1,=F'5'
      Α
      ADD1 LOOP1, D1, D2, D3
      ST
           2, 1
      AR
           TOTAL, 2
      SUB
           X, Y
      BR
           14
           F'3'
D1
      DC
           F'45'
D2
      DC
D3
     DC
          F'21'
Χ
      DC
          F'10'
Υ
      DC
           F'20'
```

```
100
MAC START
TOTAL
          EQU 5
          1, D1
     SR 2, 2
          1, =F'5'
     Α
     ADD1 LOOP1, D1, D2, D3
     ST
          2, 1
     AR
         TOTAL, 2
     SUB X, Y
     BR
          14
     DC
        F'3'
D1
D2
     DC
        F'45'
        F'21'
D3
     DC
Χ
     DC
        F'10'
Υ
     DC
          F'20'
     END
```

47

END

Macro Name Table:

MNTC	Macro Name	MDTC
1		

Argument List Array:

Ind ex	Formal Args	Actual Args
1		
2		
3		
4		
5		
6		

Macro Definition Table :

MDTC	Macro Card
1	

34

Macro Name Table:

MNTC	Macro Name	MDTC
1	ADD1	1
2		

Argument List Array:

Index	Formal Args	Actual Args.
1	&A0	
2	&A1	
3	&A2	
4	&A3	

Macro Definition Table :

MDTC	Macro Card	
1	&A0 ADD1 &A1, &A2, &A3	
2		

Macro Name Table:

MNTC	Macro Name	MDTC
1	ADD1	1
2		

Argument List Array:

Ind ex	Argument	Actual Args.
1	&A0	
2	&A1	
3	&A2	
4	&A3	
5		

Macro Definition Table :

MDTC	Macro Card			
1	&A0	ADD1	&A1,&A2,&A	3
2	#1	L	1, #2	
3				

MNTC	Macro Name	MDTC
1	ADD1	1
2		

Argument List Array:

Index	Argument
1	&A0
2	&A1
3	&A2
4	&A3
5	

Macro Definition Table :

MDTC	Macro C	ard		
1	&A0	ADD1	&A1,&A2,&A3	
2	#1	L	1, #2	
3		L	2, #3	
4				

8/2/2024

MNTC	Macro Name	MDTC
1	ADD1	1
2		

Argument List Array:

Index	Argument
1	&A0
2	&A1
3	&A2
4	&A3
5	

Macro Definition Table :

MDTC	Macro Card
1	&A0 ADD1 &A1,&A2,&A3
2	#1 L 1, #2
3	L 2, #3
4	AR 1, 2
5	MUL 1,#4
6	

8/2/2024

MNTC	Macro Name	MDTC
1	ADD1	1
2		

Argument List Array:

Index	Argument
1	&A0
2	&A1
3	&A2
4	&A3
5	

Macro Definition Table :

MDTC	Macro C	ard	
1	&A0	ADD1 8	&A1,&A2,&A3
2	#1	L	1, #2
3		L	2, #3
4		AR	1,2
5		MUL	1,#4
6		ST	N,1
7			

MNTC	Macro Name	MDTC
1	ADD1	1
2		

Argument List Array:

Index	Argument
1	&A0
2	&A1
3	&A2
4	&A3
5	

Macro Definition Table :

MDTC	Macro Card
1	&A0 ADD1 &A1,&A2,&A3
2	#1 L 1, #2
3	L 2,#3
4	AR 1,2
5	MUL 1,#4
6	ST N,1
7	MEND
8	

MNTC	Macro Name	MDTC
1	ADD1	1
2	SUB	8
3		

Argument List Array:

Index	Argument
1	&A0
2	&A1
3	&A2
4	&A3
5	&P1
6	&P2

Macro Definition Table :

MDTC	Macro Card
1	&A0 ADD1 &A1,&A2,&A3
2	#1 L 1, #2
3	L 2,#3
4	AR 1,2
5	MUL 1,#4
6	ST N,1
7	MEND
8	SUB &P1, &P2
9	

MNTC	Macro Name	MDTC
1	ADD1	1
2	SUB	8
3		

Argument List Array:

Index	Argument
1	&A0
2	&A1
3	&A2
4	&A3
5	&P1
6	&P2

Macro Definition Table:

MDTC	Macro Card
1	&A0 ADD1 &A1,&A2,&A3
2	#1 L 1, #2
3	L 2,#3
4	AR 1,2
5	MUL 1,#4
6	ST N,1
7	MEND
8	SUB &P1, &P2
9	L 1, #5
10	

MNTC	Macro Name	MDTC
1	ADD1	1
2	SUB	8
3		

Argument List Array:

Index	Argument
1	&A0
2	&A1
3	&A2
4	&A3
5	&P1
6	&P2

Macro Definition Table:

MDTC	Macro Card
1	&A0 ADD1 &A1,&A2,&A3
2	#1 L 1, #2
3	L 2,#3
4	AR 1,2
5	MUL 1,#4
6	ST N,1
7	MEND
8	SUB &P1, &P2
9	L 1,#5
10	S 1,#6
11	

MNTC	Macro Name	MDTC
1	ADD1	1
2	SUB	8
3		

Argument List Array:

Index	Argument
1	&A0
2	&A1
3	&A2
4	&A3
5	&P1
6	&P2

Macro Definition Table:

MDTC	Macro Card
1	&A0 ADD1 &A1,&A2,&A3
2	#1 L 1, #2
3	L 2,#3
4	AR 1,2
5	MUL 1,#4
6	ST N,1
7	MEND
8	SUB &P1, &P2
9	L 1,#5
10	S 1,#6
11	ST 2, 1
12	

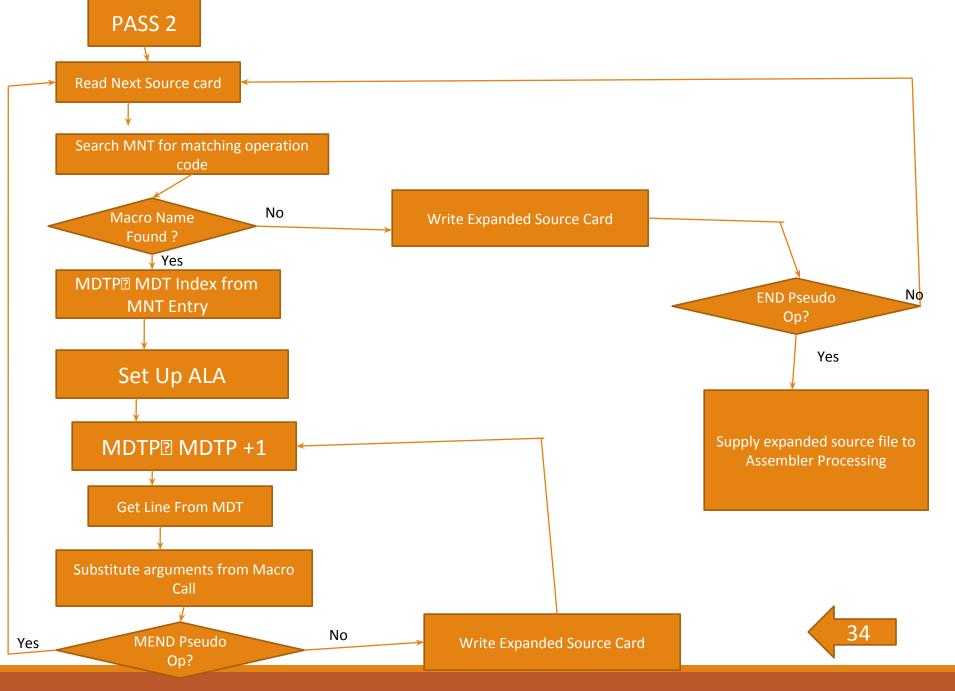
MNTC	Macro Name	MDTC
1	ADD1	1
2	SUB	8
3		

Argument List Array:

Index	Argument	Actual args
1	&A0	
2	&A1	
3	&A2	
4	&A3	
5	&P1	
6	&P2	

Macro Definition Table :

MDTC	Macro Card
1	&A0 ADD1 &A1,&A2,&A3
2	#1 L 1, #2
3	L 2,#3
4	AR 1,2
5	MUL 1,#4
6	ST N,1
7	MEND
8	SUB &P1, &P2
9	L 1,#5
10	S 1,#6
11	ST 2, 1
12	MEND
13	



8/2/2024

ALA

Ind ex	Formal	Actual
1	&A0	LOOP1
2	&A1	D1
3	&A2	D2
4	&A3	D3
5	&P1	X
6	&P2	Υ

<u>Intermediate Code after pass1</u> (input file for pass 2):

```
MAC START
             100
TOTAL EQU 5
    L 1, D1
    SR 2, 2
    A 1, =F'5'
    ADD1
             LOOP1, D1, D2, D3
    ST 2, 1
    AR
       TOTAL, 2
    SUB X, Y
    BR
        14
    DC F'3'
D1
    DC F'45'
D2
D3
    DC F'21'
Χ
    DC F'10'
Υ
    DC
       F'20'
    END
```

Expanded Source Code:

```
MAC START
                100
TOTAL
          EQU 5
          1, D1
     SR
          2, 2
          1, =F'5'
LOOP1
               1, D1
          2, D2
     AR
          1, 2
     MUL 1, D3
     ST
          N, 1
     ST
          2, 1
     AR
          TOTAL, 2
          1, X
          1, Y
          2, 1
     BR
          14
     DC
          F'3'
D1
     DC
          F'45'
D2
D3
     DC
          F'21'
Χ
     DC
          F'10'
Υ
     DC
          F'20'
     END
```

MDTP= 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 for ADD1 MDTP= 8, 9, 10, 11, 12, 13 for SUB

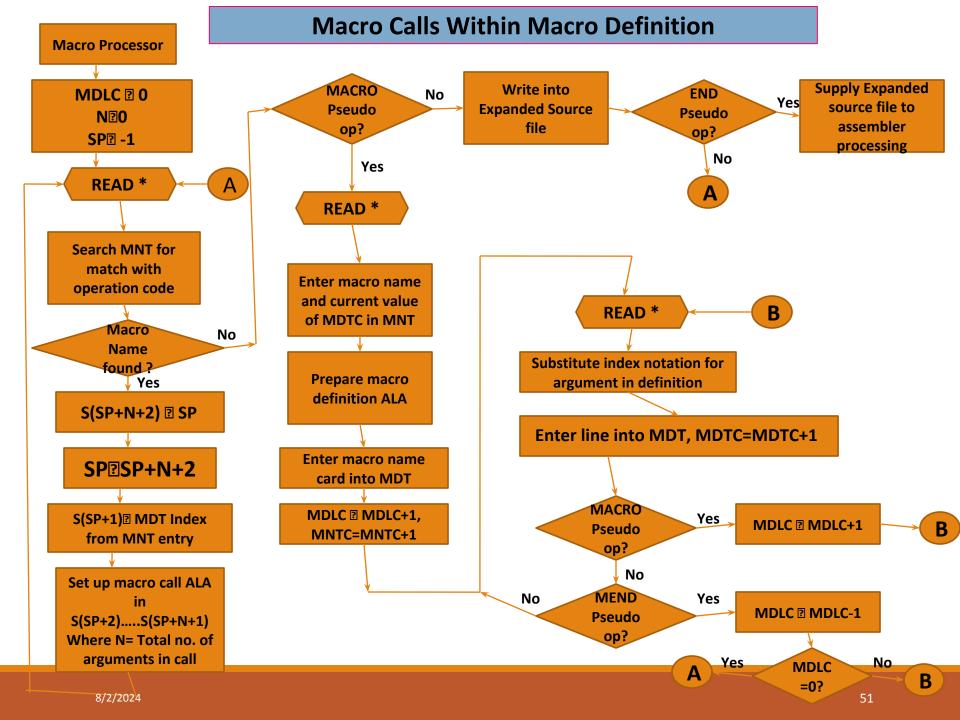
Macro calls within Macros

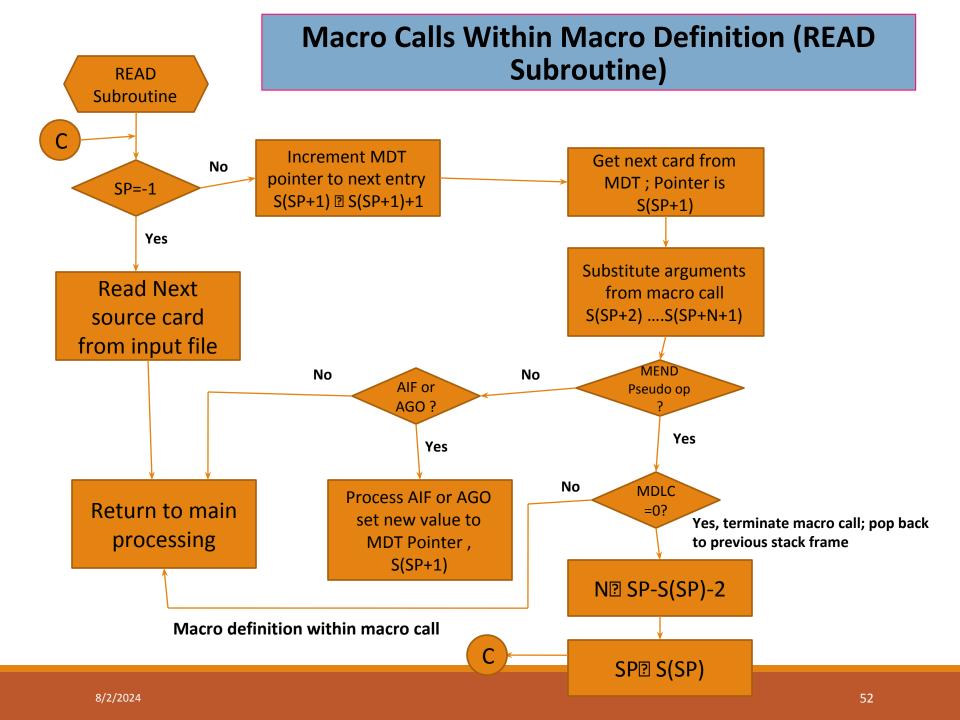
Macro Calls Within Macro

MACRO ADD1 &ARG 1, &ARG A 1, =F'1' ST 1, & ARG **MEND MACRO** ADDS &ARG1, &ARG2, &ARG3 ADD1 &ARG1 macro call in macro definition ADD1 &ARG2 ADD1 &ARG3 **MEND**

Macro Calls Within Macro (Cont....)

- •To handle macro call within macros, macro processor has to work recursively.
- •It uses stack to keep track of unfinished computations.
- •For every macro call, **separate stack frame** is created.
- **SP**:- It is a **Stack Position**. It indicates the position or stack frame no. at the top of the stack. i.e. It is the **beginning position of current stack frame**.
- **S(SP):-** It refers to the beginning of the current stack frame. (i.e. the contents of the stack at position "SP".
- •MDLC:- Macro Definition Level Counter
- •N:- no. of arguments in macro call along with label argument.





Stack Organization

N=No. of arg. On macro line SP = current value of stack pointer S(m) =content of mth position on stack

	-1 : :	Previous Frame(s)
SP	S(SP)	☑ Old SP
SP+1	S(SP+1)	MDT Pointer for this frame
SP+2	S(SP+2)	② 0 th (label) argument —
SP+3	S(SP+3)	② 1 st argument
: : :	: : : : S(SP+1+N)	: : : : : : (N-1)th argument
(SP+2)+(N-1)	: : :	Available for next frame

S(1)	-1

index

SP=1

S(1)	-1
S(2)	6
S(3)	Blank
S(4)	D1
S(5)	D2
S(6)	D3

Call:- ADDS D1, D2, D3

Macro Call:- ADD1 D1

SP=7

S(1)	-1	
•	7	
•	Blank	
•	D1	
	D2	
	D3	
S(7)	1	
S(8)	1	
S(9)	Blank	
S(10)	D1	
•		
•		

previous stack frame

Current stack frame

MACRO

ADD1 &ARG

L1,&ARG

A 1,=F'1'

ST 1, & ARG

MEND

MACRO

ADDS &A1, &A2, &A3

ADD1 &A1

ADD1 &A2

ADD1 &A3

MEND

ADDS D1, **D2**, **D3**

•

•

END

MDLC 2 0

N 2 0

SP 2 -1

MNT DEFINITION

C

1

INDEX ARGUME MNTC NAME MDTC NT

1

8/2/2024

MACRO

ADD1 &ARG

L1,&ARG

A 1,=F'1'

ST 1, &ARG

MEND

MACRO

ADDS &A1, &A2, &A3

1

ADD1 &A1

ADD1 &A2

ADD1 &A3

MEND

ADDS D1, D2, D3

:

:

END

MDLC 2 0

N 2 0

SP 2 -1

MNT DEFINITION

C

1

MNTC NAME MDTC INDEX ARGUME NT

8/2/2024

MDLC 2 0 MACRO N 2 0 ADD1 &ARG SP 2 -1 L 1, & ARG A 1, =F'1' MNT DEFINITION ST 1, &ARG C MEND MACRO ADDS &A1, &A2, &A3 ADD1 &A1 ADD1 &A2 ADD1 &A3 **MEND** INDEX ARGUME D1, D2, D3 **ADDS** MNTC NAME MDTC NT ADD1

END

8/2/2024

MDLC 2 0 MACRO N 2 0 ADD1 &ARG SP 2 -1 L 1,&ARG A 1,=F'1' MNT DEFINITION ST 1,&ARG C **MEND** MACRO **ADDS** &A1,&A2,&A3 ADD1 &A1 ADD1 &A2 ADD1 &A3 **MEND ADDS** D1,D2,D3 MNTC NAME **MDTC** INDEX ARGUME

NT

&ARG

8/2/2024 58

ADD1

END

MDLC 2 0,1 MACRO N ? 0 ADD1 &ARG SP 2 -1 L 1,&ARG A 1,=F'1' MNT DEFINITION ST 1,&ARG C **MEND** ADD1 &ARG MACRO 2 ADDS &A1,&A2,&A3 ADD1 &A1 ADD1 &A2 ADD1 &A3 **MEND ADDS** D1,D2,D3 MNTC NAME **MDTC** INDEX ARGUME NT**END** &ARG ADD1

8/2/2024 59

MDLC 2 0,1 MACRO N ? 0 ADD1 &ARG SP 2 -1 L 1,&ARG A 1,=F'1' MNT DEFINITION ST 1,&ARG C MEND ADD1 &ARG MACRO 2 L 1,#1 **ADDS** &A1,&A2,&A3 ADD1 &A1 3 ADD1 &A2 ADD1 &A3 **MEND ADDS** D1,D2,D3 MNTC NAME **MDTC** INDEX ARGUME NT &ARG ADD1 **END**

8/2/2024 60

					MDLC 2 0,1	
MACRO				N 2 O		
ADD1	&ARG				SP 🛭 -1	
L 1,&A	RG					
A 1,=F'	1'			MNT	DEFINITION	N
ST 1,&A	RG			С		
MEND				1	ADD1 &A	ARG
MACRO				I	ADDI QA	ARG
ADDS	&A1,&A2,&A3			2	L 1,#1	
ADD1	&A1			3	A 1,=F'1'	
ADD1	&A2				7 (1, 1 1	
ADD1	&A3			4		
MEND						
ADDS	D1,D2,D3	MNTC	NAME	MDTC	INDEX	ARGUME
:						NT
:					4	
END		1	ADD1	1	1	&ARG

					MDLC 2 0,1	
MACRO				N 🖸 O		
ADD1	&ARG				SP 🛭 -1	
L 1,&A	RG					
A 1,=F'	1'			MNT	DEFINITION	ON
ST 1,&A	RG			С		
MEND				1	ADD1 &A	ARG
MACRO						1110
ADDS	&A1,&A2,&A3			2	L 1,#1	
ADD1	&A1			3	A 1,=F'1'	
ADD1	&A2				·	
ADD1	&A3			4	ST 1,#1	
MEND				5		
ADDS	D1,D2,D3	MNTC	NAME	MDTC	INDEX	ARGUME
:						NT
:					1	&ARG
END		1	ADD1	1	•	

8/2/2024

MACRO ADD1	&ARG				MDLC 2 0 N 2 0 SP 2 -1	
L 1,&ARG A 1,=F'1' ST 1,&ARG				MNT C	DEFINITIO	ON
MEND MACRO				1	ADD1 &A	ARG
ADDS	&A1,&A2,&A3			2	L 1,#1	
ADD1	&A1			3	A 1,=F'1'	
ADD1 ADD1	&A2 &A3			4	ST 1,#1	
MEND	D4 D2 D2			5	MEND	
ADDS	D1,D2,D3			6		
: END		MNTC	NAME	MDTC	INDEX	ARGUME NT
		1	ADD1	1	1	&ARG
		2				

MACRO ADD1	&ARG				MDLC 2 0 N 2 0 SP 2 -1	
L 1,&AF	RG					
A 1,=F'1	L'			MNT	DEFINIT	ION
ST 1,&AF	RG			С		
MEND				1	ADD1 8	ADC
MACRO				I	ADD1 d	XARG
ADDS	&A1,&A2,&A3			2	L 1,#1	
ADD1	&A1			3	A 1,=F'1	,
ADD1	&A2				, , , ,	
ADD1	&A3			4	ST 1,#1	
MEND				5	MEND	
ADDS	D1,D2,D3			6		
:				O		
:		MNTC	NAME	MDTC	INDEX	ARGUME
END		IVIINTO	INAIVIE	MDTC	INDEX	NT
		1	ADD1	1	1	&ARG
		2				

					MDLC 2 0		
MACRO	•				N 🖸 O		
ADD1	&ARG				SP 🛭 -1		
L 1,&A	RG						
A 1,=F'	1'			MNT	DEFINITION	NC	
ST 1,&AI	RG			С			
MEND				1	ADD1 0 /	NDC	
MACRO				ı	ADD1 &A	ARG	
ADDS	&A1,&A2,&A3			2	L 1,#1		
ADD1	&A1			3	A 1,=F'1'		
ADD1	&A2						
ADD1	&A3			4	ST 1,#1		
MEND				5	MEND		
ADDS	D1,D2,D3			6			
•		NANITO			INIDEV		
•		MNTC	NAME	MDTC	INDEX	ARGUME	
END						NT	
		1	ADD1	1	1	&ARG	
		2	ADDS	6			
		Z	ADDS	U			
		3					

				MDLC 2 0				
MACRO					N 2 0			
ADD1	&ARG				SP ② -1			
L 1, &A	RG							
A 1, =F'	1'			MNT	DEFINITION	N		
ST 1,&AI	RG			С				
MEND				1	ADD1 &A	NDC		
MACRO				I	ADDI QA	ARG		
ADDS	&A1, &A2, &A3			2	L 1, #1			
ADD1	&A1			3	A 1, =F'1'			
ADD1	&A2				•			
ADD1	&A3			4	ST 1,#1			
MEND				5	MEND			
ADDS	D1, D2, D3			6				
:		NANITO			INDEX	ARGUME		
:		MNTC	NAME	MDTC	INDEX			
END						NT		
		1	ADD1	1	1	&ARG		
		2	ADDS	6	2	&A1		
		3			3	&A2		
		-			4	&A3		

MACRO					MDLC 2 0, 1 N 2 0			
ADD1	&ARG				SP 2 -1			
L 1,&A		•	31 · · · · · ·					
A 1, =F				MNT	DEFINITIO	N		
ST 1, & A	ARG			С				
MEND				1	ADD1 &A	RG		
MACRO	0.44 0.42 0.42			-				
ADDS	&A1, &A2, &A3			2	L 1, #1			
ADD1 ADD1	&A1 &A2			3	A 1, =F'1'			
ADD1	&A3			4	ST 1,#1			
MEND				5	MEND			
ADDS	D1, D2, D3					0 4 2 0 4 2		
:				6	ADDS &A1,	&A2, &A3		
: END		MNTC	NAME	7 MDTC	INDEX	ARGUME NT		
		1	ADD1	1	1	&ARG		
		2	ADDS	6	2	&A1		
		3	_		3	&A2		
					4	&A3		

MACRO ADD1 L 1, & A A 1, = F ST 1, & A MEND MACRO ADDS ADD1 ADD1 ADD1 ADD1 MEND ADDS :	1'		INDEX ARGUME NT 1 &ARG 2 &A1 3 &A2 4 &A3		MNT C 1 2 3 4 5	MDLC 2 0, 1 N 2 0 SP 2 -1 DEFINITION ADD1 &ARG L 1, #1 A 1, =F'1' ST 1, #1 MEND ADDS &A1, &A2, &A3
: :					6 7	ADDS &A1, &A2, &A3 ADD1 #2
END		MNTC	NAME	MDTC	8	
		1	ADD1	1		
		2	ADDS	6		
		3				

						ſ	MDLC 2 0	, 1
MACRO				N ② O				
ADD1	&ARG					9	SP 🛭 -1	
L 1, &A	RG							
A 1, =F'	1'		INDE	X	ARGUME	MNT	DEFINI	TION
ST 1, &A	RG				NT	С		
MEND			1		&ARG	1	ADD1	&ARG
MACRO	0.1.0					-		
ADDS	•	A2, &A3	2		&A1	2	L 1, #	1
ADD1	&A1		3		&A2	3	A 1, =F	='1'
ADD1	&A2		4		0 1 2	1	ŕ	
ADD1	&A3		4		&A3	4	ST 1,#1	-
MEND						5	MEND	
ADDS	D1, D2,	D3				6	ADDS 8	A1, &A2, &A3
•						7	ADD1	#2
END		MNTC	NAME	M	IDTC .	8	ADD1	#3
							ADDI	πЭ
		1	ADD1	1		9		
		2	ADDS	6				
		3						

MACRO ADD1 L 1, &A						MDLC 2 0, 1 N 2 0 SP 2 -1
A 1, =F'1' ST 1, &ARG MEND			INDEX	ARGUME NT	MNT C	DEFINITION
MACRO			1	&ARG	1	ADD1 &ARG
ADDS ADD1	&A1, &A &A1	2, &A3	2	&A1	2	L 1, #1
ADD1	&A2		3	&A2	3	A 1, =F'1'
ADD1	&A3		4	&A3	4	ST 1,#1
MEND ADDS	D1, D2, D)3			5	MEND
:					6	ADDS &A1, &A2, &A3
: END		MNTC	NAME	MDTC	7	ADD1 #2
					8	ADD1 #3
		1	ADD1	1	9	ADD1 #4
		2	ADDS	6	10	
		3				

8/2/2024

MACRO ADD1 L 1, &A	&ARG RG				MDLC ? 0 N ? 0 SP ? -1				
A 1, =F' ST 1, &A	1'		INDEX	ARGUME NT	MNT C	DEFINI ⁻	ΓΙΟΝ		
MEND MACRO			1	&ARG	1	ADD1	&ARG		
ADDS &A1, &A2, &A3			2	&A1	2	L 1, #1			
ADD1	&A1		3	&A2	3	A 1, =F	'1'		
ADD1 ADD1	&A2 &A3		4	&A3	4	ST 1, #1			
MEND	D4 D2 D2	,			5	MEND			
ADDS :	D1, D2, D3	3			6	ADDS &	A1, &A2, &A3		
:		MNTC	NAME	MDTC	7	ADD1	#2		
END					8	ADD1	#3		
		1	ADD1	1	9	ADD1	#4		
		2	ADDS	6	10	MEND			
		3			11				

			INDEX ARGUME			MDLC 2 0			
MACRO	_			NT			N ? O		
ADD1	&ARG		1	&ARC	3	SP ? -1			
	&ARG =F'1'		2	&A1		MNT DEFINITIO			
-	ARG		3	&A2		С			
MEND MACRO			4	&A3		1	ADD1	&ARG	÷
ADDS	&A1, &	A2, &A3				2	L 1,#	1	
ADD1 ADD1	&A1 &A2			1	-1	3	A 1, =	='1'	
ADD1 ADD1	&A2 &A3			2		4	ST 1,#1	L	
MEND				3		5	MEND		
ADDS :	D1, D2	, D3		4		6	ADDS 8	kA1, &A	.2, &A3
:				5		7	ADD1	#2	
END			MDTC	6		8	ADD1	#3	
	MNT C	NAME		7		9	ADD1	#4	
		A D D 4	4	8		10	MEND		
	1	ADD1	1	9		11			
	2	ADDS	6	10					
	3			11					
8/2/2024	1			12					72

MACRO ADD1 &ARG	INDEX	ARGUME NT		MDLC ? 0 N ? 0		
L 1, &ARG	1	&ARG		SP 🖸 -1, 1		
A 1, =F'1' ST 1, &ARG	2	&A1	MNT	DEFINITION		
MEND	3	&A2	С			
MACRO	4	&A3	1	ADD1 &ARG		
ADDS &A1, &A2, &A3			2	L 1, #1		
ADD1 &A1 ADD1 &A2		1 -1	3	A 1, =F'1'		
ADD1 &A3		2	4	ST 1,#1		
MEND ADDS D1,D2,D3		3	5	MEND		
:		4	6	ADDS &A1, &A2, &A3		
: END		5	7	ADD1 #2		
		6	8	ADD1 #3		
MNTC NAME	MDTC	7	9	ADD1 #4		
		8	10	MEND		
1 ADD1	1	9	11			
2 ADDS	6	10				
3		11				
8/2/2024		12		73		

	INDEX	ARGUME	MDLC 2 0
MACRO		NT	N 🖸 O
ADD1 &ARG	1	&ARG	SP ② -1, 1
L 1, &ARG A 1, =F'1'	2	&A1	MNT DEFINITION
ST 1, &ARG	3	&A2	С
MEND MACRO	4	&A3	1 ADD1 &ARG
ADDS &A1, &A2, &A3		1 -1	2 L 1, #1
ADD1 &A1		2 6	3 A 1, =F'1'
ADD1 &A2 ADD1 &A3			4 ST 1, #1
MEND		3	5 MEND
ADDS D1, D2, D3		4	6 ADDS &A1, &A2, &A3
:		5	•
: END		6	7 ADD1 #2
LIND		7	8 ADD1 #3
MNTC NAME	MDTC	8	9 ADD1 #4
		9	10 MEND
1 ADD1	1	10	11
2 ADDS	6		
3		11	
		12	

	INDEX	ARGI	JME		MDLC 2 0
MACRO		NT			N 2 0,4
ADD1 &ARG	1	&ARC	3		SP 🛭 -1,1
L 1, &ARG A 1, =F'1'	2	&A1		MNT	DEFINITION
ST 1, &ARG	3	&A2		C	DEI INTTON
MEND MACRO	4	&A3		1	ADD1 &ARG
ADDS &A1, &A2, &A3		1	1	2	L 1, #1
ADD1 &A1		2	- 1	3	A 1, =F'1'
ADD1 &A2 ADD1 &A3				4	ST 1, #1
MEND		3	Blk	5	MEND
ADDS D1, D2, D3		4	D1		
:		5	D2	6	ADDS &A1, &A2, &A3
: END		6	D3	7	ADD1 #2
LIND		7		8	ADD1 #3
MNTC NAME	MDTC	8		9	ADD1 #4
1 ADD1	1	9		10	MEND
2 ADDS	6	10		11	
3		11			
		12			

	INDEX	ARGUME	MDLC 2 0
MACRO		NT	N 2 0,4
ADD1 &ARG	1	&ARG	SP ② -1, 1
L 1, &ARG A 1, =F'1'	2	&A1	MNT DEFINITION
ST 1,&ARG	3	&A2	C
MEND MACRO	4	&A3	1 ADD1 &ARG
ADDS &A1, &A2, &A3			2 L 1, #1
ADD1 &A1		1 -1	3 A 1, =F'1'
ADD1 &A2 ADD1 &A3		2 7	4 ST 1, #1
MEND		3 Blk	5 MEND
ADDS D1, D2, D3		4 D1	6 ADDS &A1, &A2, &A3
· :		5 D2	7 ADD1 #2
END		6 D3	8 ADD1 #3
MNTC NAME	MDTC	7	9 ADD1 #4
		8	10 MEND
1 ADD1	1	9	11
2 ADDS	6	10	
3		11	
8/2/2024		12	76

	INDEX	ARGUME	MDLC 2 0		
MACRO		NT	N 2 0, 4		
ADD1 &ARG L 1, &ARG	1	&ARG	SP ② -1, 1		
A 1, =F'1'	2	&A1	MNT DEFINITION		
ST 1, &ARG	3	&A2	С		
MEND MACRO	4	&A3	1 ADD1 &ARG		
ADDS &A1, &A2, &A3		1 -1	2 L 1, #1		
ADD1 &A1 ADD1 &A2		2 7	3 A 1, =F'1'		
ADD1 &A3		3 Blk	4 ST 1, #1		
MEND ADDS D1, D2, D3		4 D1	5 MEND		
:		5 D2	6 ADDS &A1, &A2, &A3		
: END		6 D3	7 ADD1 #2		
END		7	8 ADD1 #3		
MNTC NAME	MDTC	8	9 ADD1 #4		
		9	10 MEND		
1 ADD1	1	10	11		
2 ADDS	6	11	ADD1 D1		
3		12			

	INDEX	ARGUME	MDLC 2 0
MACRO		NT	N 2 0, 4
ADD1 &ARG	1	&ARG	SP ② -1, 1
L 1, &ARG A 1, =F'1'	2	&A1	MNT DEFINITION
ST 1, &ARG	3	&A2	С
MEND MACRO	4	&A3	1 ADD1 &ARG
ADDS &A1, &A2, &A3			2 L 1, #1
ADD1 &A1		1 -1	3 A 1, =F'1'
ADD1 &A2 ADD1 &A3		2 7	4 ST 1, #1
MEND		3 Blk	5 MEND
ADDS D1, D2, D3		4 D1	6 ADDS &A1, &A2, &A3
· :		5 D2	7 ADD1 #2
END		6 D3	8 ADD1 #3
MNTC NAME	MDTC	7 1	9 ADD1 #4
		8	10 MEND
1 ADD1	1	9	11
2 ADDS	6	10	
3		11	
8/2/2024		12	78

			INDEX	ARG	UME		MDLC 2 0
MACRO)			NT			N 🛭 O, 4
ADD1	&ARG		1	&AR	G		SP 🛭 -1, 1, 7
L 1,& A 1,=I	ARG ='1'		2	&A1		MNT	DEFINITION
ST 1,&			3	&A2		C	DEFINITION
MEND							ADD1 9ADC
MACRO)		4	&A3		1	ADD1 &ARG
ADDS	&A1,&A2,&	.A3		4		2	L 1,#1
ADD1	&A1			1	-1	3	A 1,=F'1'
ADD1	&A2			2	7		
ADD1	&A3			3	Blk	4	ST 1,#1
MEND						5	MEND
ADDS	D1,D2,D3			4	D1	6	ADDS &A1,&A2,&A3
:				5	D2		
: END				6	D3	7	ADD1 #2
LIND				7	1	8	ADD1 #3
				-	1	9	ADD1 #4
MNTC	NAME	MDTC		8		10	MEND
				9			IVILIND
1	ADD1	1		10		11	
2	ADDS	6		11			
3				12			

			INDEX	ARGI	JME		MDLC 2 0		
MACRO	MACRO			NT		N 2 0,4			
ADD1	&ARG		1	&AR	3	!	SP 🛭 -1,1,7		
L 1,& A 1,=	ARG F'1'		2	&A1		MNT	DEFINITION		
ST 1,&			3	&A2		C	DEFINITION		
MEND						1	ADD1 &ARG		
MACRO			4	&A3					
ADDS	&A1,&A2,&	λA3		1	-1	2	L 1,#1		
ADD1	&A1					3	A 1,=F'1'		
ADD1	&A2			2	7	4	·		
ADD1	&A3			3	Blk		ST 1,#1		
MEND	D1 D2 D2			4	D1	5	MEND		
ADDS	D1,D2,D3					6	ADDS &A1,&A2,&A3		
•				5	D2	7	ADD1 #2		
END				6	D3				
				7	1	8	ADD1 #3		
MNTC	NAME	MDTC		8	1	9	ADD1 #4		
		2 . 3		9		10	MEND		
1	ADD1	1		10		11			
		-							
2	ADDS	6		11					
3				12					

	INDEX	ARGUI	ME	ı	MDLC 2 0	
MACRO		NT		I	N 🛭 0,4,2	
ADD1 &ARG	1	&ARG		SP 🖸 -1,1,7		
L 1,&ARG A 1,=F'1'	2	&A1		MNT	DEFINITION	
ST 1,&ARG	3	&A2		С		
MEND MACRO	4	&A3		1	ADD1 &ARG	
ADDS &A1,&A2,8	&A3	1	1	2	L 1,#1	
ADD1 &A1			-1	3	A 1,=F'1'	
ADD1 &A2		2	7		,	
ADD1 &A3		3	Blk	4	ST 1,#1	
MEND		4 [D1	5	MEND	
ADDS D1,D2,D3				6	ADDS &A1,&A2,&A3	
•		5 [D2	7	ADD1 #2	
END		6 [D3			
		7	1	8	ADD1 #3	
MNTC NAME	MDTC	8 3	1	9	ADD1 #4	
		9 E	Blk	10	MEND	
1 ADD1	1	10	D1	11		
2 ADDS	6	11				
3		12				

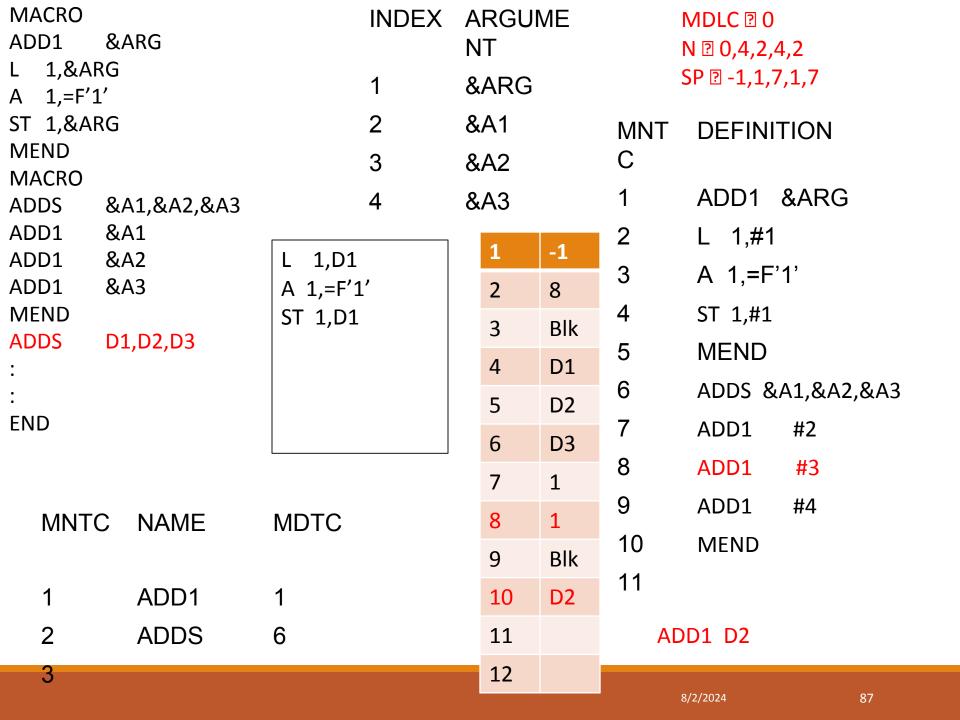
MACRO		INDEX	Κ /	ARGUME		MDLC 2 0		
ADD1	&ARG			NT		N ② 0,4,2		
L 1,&AF		1	č	&ARG		SP 2 -1,1,7		
A 1,=F'1								
ST 1,&AF MEND	1 0	2	(&A1		MNT	DEFINITION	
MACRO		3	Č	&A2		С		
ADDS	&A1,&A2,&A3	4	ć	&A3		1	ADD1 &ARG	
ADD1	&A1					2	L 1,#1	
ADD1	&A2	L 1,D1		1	-1	3	A 1,=F'1'	
ADD1	&A3			2	7		A 1,-F 1	
MEND				3	Blk	4	ST 1,#1	
ADDS	D1,D2,D3					5	MEND	
:				4	D1	6	ADDS &A1,&A2,&A3	
: END				5	D2			
LIND				6	D3	7	ADD1 #2	
				7	1	8	ADD1 #3	
						9	ADD1 #4	
MNT	C NAME	MDTC		8	2	10	MEND	
				9	Blk		IVIEND	
1	ADD1	1		10	D1	11		
2	ADDS	6		11				
3				12				
_	3/2/2024			14			82	

MACRO ADD1 8	kARG	INDEX		ARGUME MDLC 2 0				
			NT	• •				
L 1,&ARG A 1,=F'1'		1	&ARG	§ARG SP 🖸 -1,1,7			7	
ST 1,&ARG	ì	2	&A1		MNT	DEFINI [*]	TION	
MEND		3	&A2		С			
MACRO		4	&A3		1	ADD1	&ARG	
	kA1,&A2,&A3	7	α _Δ 3					
	kA1	L 1 D1	1	-1	2	L 1,#1		
	kA2 kA3	L 1,D1		7	3	A 1,=F	1'	
MEND 8	(A)	A 1,=F'1'	2	/	4	ST 1,#1		
	01,D2,D3		3	Blk		-		
:	1,22,00		4	D1	5	MEND		
:			5	D2	6	ADDS &	A1,&A2,&A3	
END			6	D3	7	ADD1	#2	
					8	ADD1	#3	
			7	1				
MNTC	NAME	MDTC	8	3	9	ADD1	#4	
			9	Blk	10	MEND		
1	ADD1	1	10	D1	11			
2	ADDS	6	11					
3			12					
						8/2/2024	83	

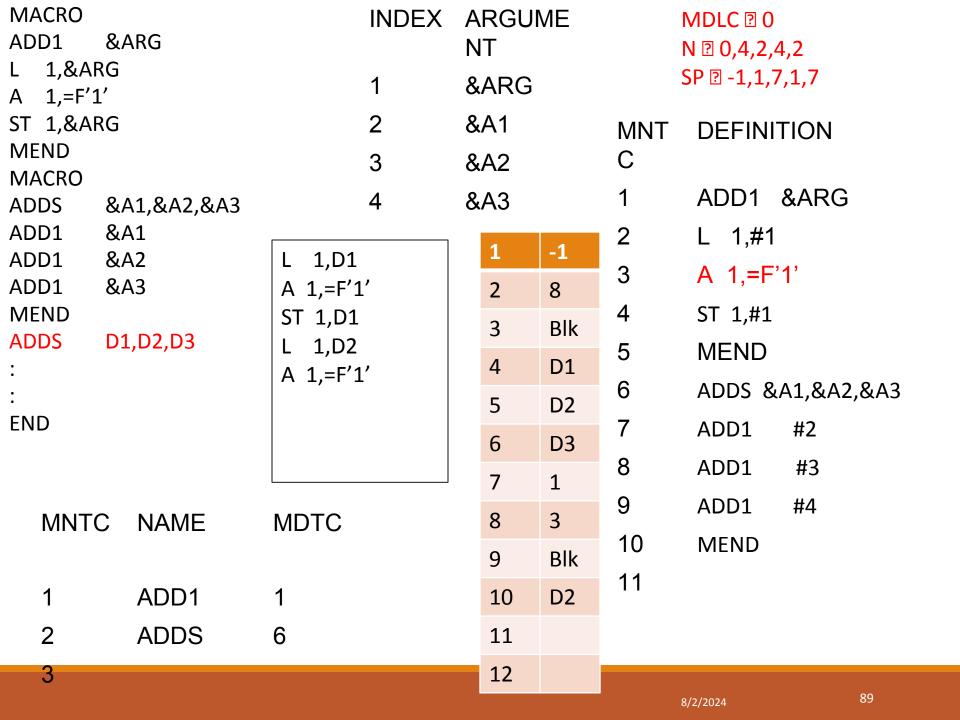
MACRO		INDEX	ARGL	ARGUME MDLC 2 0				
ADD1	1 1			NT N 2 0,4,2				
L 1,&AF		1	&ARC	&ARG		SP 2 -1,1,7		
A 1,=F'1 ST 1,&AF		2	&A1		N 4N 1T	DEELNII	TION	
MEND	(0				MNT	DEFINI	HON	
MACRO		3	&A2		С			
ADDS	&A1,&A2,&A3	4	&A3		1	ADD1	&ARG	
ADD1	&A1		4		2	L 1,#1		
ADD1	&A2	L 1,D1	1	-1	3	A 1,=F	'1'	
ADD1	&A3	A 1,=F'1'	2	7		•	ı	
MEND	D4 D2 D2	ST 1,D1	3	Blk	4	ST 1,#1		
ADDS	D1,D2,D3		4	D1	5	MEND		
					6	ADDS &	A1,&A2,&A3	
END			5	D2	7			
			6	D3		ADD1	#2	
			7	1	8	ADD1	#3	
MNT	C NAME	MDTC	8	4	9	ADD1	#4	
IVIINI		IVIDIC			10	MEND		
			9	Blk				
1	ADD1	1	10	D1	11			
2	ADDS	6	11					
3			12					
						8/2/2024	84	

MACRO		INDE	<i>\</i>	ARGU	ME	MDLC 2 0		
ADD1				NΤ			N 2 0,4,2,4	
L 1,&ARG		1	8	&ARG			SP 🛭 -1,1,7,1	
A 1,=F'1'		_						
ST 1,&AI MEND	KG	2	Č	&A1		MNT	DEFINITION	
MACRO		3	8	&A2		С		
ADDS	&A1,&A2,&A3	4	8	&A3		1	ADD1 &ARG	
ADD1	&A1		_			2	L 1,#1	
ADD1	&A2	L 1,D1		1	-1		·	
ADD1	&A3	A 1,=F'1'		2	7	3	A 1,=F'1'	
MEND		ST 1,D1		3	Blk	4	ST 1,#1	
ADDS	D1,D2,D3					5	MEND	
:				4	D1	6	ADDS &A1,&A2,&A3	
END				5	D2			
LIND				6	D3	7	ADD1 #2	
				7	1	8	ADD1 #3	
MNT	C NAME	MDTC		8	5	9	ADD1 #4	
1011 41	O I WILL	101210		9	Blk	10	MEND	
						11		
1	ADD1	1		10	D1			
2	ADDS	6		11				
3				12				
						8/2	/2024 85	

MACRO		INDE	X	ARGUME MDLC 2 0					
ADD1	&ARG	NT					N 🛭 0,4,2,	4	
•	, _1.1			&ARG			SP 2 -1,1,7,1		
A		2		&A1		NANIT	DEEINI	TION	
MEND						MNT C	DEFINI	HON	
MACRO		3		&A2			4004	0.450	
ADDS	&A1,&A2,&A3	4		&A3		1	ADD1	&ARG	
ADD1	&A1	1 1 51		1	-1	2	L 1,#1		
ADD1 ADD1	&A2	L 1,D1				3	A 1,=F	'1'	
MEND	&A3	A 1,=F'1' ST 1,D1		2	8	4	ST 1,#1		
ADDS	D1,D2,D3	31 1,01		3	Blk		-		
:	, ,			4	D1	5	MEND		
:				5	D2	6	ADDS 8	A1,&A2,&A3	
END				6	D3	7	ADD1	#2	
						8	ADD1	#3	
				7	1	9	ADD1	#4	
MNT	C NAME	MDTC		8	5			#4	
				9	Blk	10	MEND		
1	ADD1	1		10	D1	11			
2	ADDS	6		11		AD	D1 D2		
3				12					
						8/	2/2024	86	



MACRO	MACRO INDEX A			ARGUME MDLC 2 0			
ADD1				NT N 2 0,4,2,4,2			
•	L 1,&ARG A 1,=F'1'		&ARG		SP 2 -1,1,7,1,7		
ST 1,&AF		2	&A1		MNT	DEFINITION	
MEND		3	&A2		С		
MACRO ADDS	&A1,&A2,&A3	4	&A3		1	ADD1 &ARG	
ADD1	&A1				2	L 1,#1	
ADD1	&A2	L 1,D1	1	-1	3	A 1,=F'1'	
ADD1 MEND	&A3	A 1,=F'1'	2	8	4	ST 1,#1	
ADDS	D1,D2,D3	ST 1,D1 L 1,D2	3	Blk		·	
:	,,_	L 1,D2	4	D1	5	MEND	
:			5	D2	6	ADDS &A1,&A2,&A3	
END			6	D3	7	ADD1 #2	
			7	1	8	ADD1 #3	
N 4 N 1 T 4	O NIANAT	MDTO		2	9	ADD1 #4	
MNT	C NAME	MDTC	8		10	MEND	
			9	Blk	11		
1	ADD1	1	10	D2	1 1		
2	ADDS	6	11				
3			12				
						8/2/2024 88	



MACRO		INDEX	Α	ARGUME		MDLC 2 0			
ADD1	&ARG			NT			N 2 0,4,2,4,2		
L 1, &A		1	&	&ARG			SP 🛭 -1,1,7,1,7		
A 1, =F'1'									
ST 1, &A	КС	2	Č.	A1		MNT	DEFINITION		
MEND MACRO		3	&.	A2		С			
ADDS	&A1, &A2,&A3	4	&	A 3		1	ADD1 &ARG		
ADD1	&A1		.			2	L 1, #1		
ADD1	&A2	L 1, D1		1	-1				
ADD1	&A3	A 1, =F'1'		2	8	3	A 1, =F'1'		
MEND		ST 1, D1		3	Blk	4	ST 1, #1		
ADDS	D1, D2, D3	L 1, D2				5	MEND		
:		A 1, =F'1'		4	D1	6	ADDS &A1, &A2, &A3		
: END		ST 1, D2		5	D2				
EIND				6	D3	7	ADD1 #2		
				7	1	8	ADD1 #3		
				_		9	ADD1 #4		
MNT	C NAME	MDTC		8	4	10	MEND		
				9	Blk		IVILIND		
1	ADD1	1		10	D2	11			
2	ADDS	6		11					
3				12					
							8/2/2024 90		

MACRO		INDEX	ARGU	ARGUME MDLC 2 0			
ADD1	&ARG	NT			N 2 0,4,2,4,2,4,		
	,		&ARG		SP 2 -1,1,7,1,7,1		
A 1,=F'1' ST 1,&ARG		2	&A1		MNT	DEFINITION	
MEND		3	&A2		C	<i>52</i> 1	
MACRO	0 4 1 0 4 2 0 4 2	4	&A3		1	ADD1 &ARG	
ADDS ADD1	&A1,&A2,&A3 &A1	7	<u> </u>				
ADD1	&A2	L 1,D1	1	-1	2	L 1,#1	
ADD1	&A3	A 1,=F'1'	2	8	3	A 1,=F'1'	
MEND		ST 1,D1	3	Blk	4	ST 1,#1	
ADDS	D1,D2,D3	L 1,D2			5	MEND	
:		A 1,=F'1'	4	D1	6	ADDS &A1,&A2,&A3	
END		ST 1,D2	5	D2	7		
2110			6	D3		ADD1 #2	
			7	1	8	ADD1 #3	
MNT	C NAME	MDTC	8	5	9	ADD1 #4	
			9	Blk	10	MEND	
1	ADD1	1	10	D2	11		
2	ADDS	6	11				
3			12				
					8/	2/2024 91	

MACRO		INDEX	Α	RGU	ARGUME MDLC 2 0			
ADD1	&ARG	NT				N ② 0,4,2,	4,2,4	
•	,			&ARG SP 🖸 -1			SP 🛭 -1,1,	7,1,7,1
A 1,=F'1 ST 1,&AF		2		kA1				- 1011
MEND	NO					MNT	DEFINI	HON
MACRO		3	8	kA2		С		
ADDS	&A1,&A2,&A3	4	8	kA3		1	ADD1	&ARG
ADD1	&A1		7			2	L 1,#1	
ADD1	&A2	L 1,D1		1	-1	3	A 1,=F	'1'
ADD1	&A3	A 1,=F'1'		2	9		·	ı
MEND	D4 D2 D2	ST 1,D1		3	Blk	4	ST 1,#1	
ADDS	D1,D2,D3	L 1,D2		4	D1	5	MEND	
•		A 1,=F'1'				6	ADDS 8	A1,&A2,&A3
END		ST 1,D2		5	D2	7	ADD1	#2
				6	D3			
				7	1	8	ADD1	#3
MNT	C NAME	MDTC		8	5	9	ADD1	#4
IVII	O TATAIVIL	WBTO		9		10	MEND	
					Blk	11		
1	ADD1	1		10	D2	• •		
2	ADDS	6		11		AC	DD1 D3	
3				12				
						8/2/20	24	92

MACRO		INDEX	ARGU	ARGUME		MDLC 2 0
ADD1	&ARG	N ⁻				N 2 0,4,2,4,2,4,2
_	L 1, &ARG		&ARG	&ARG		SP 🖸 -1,1,7,1,7,1,7
,	A 1, =F'1' ST 1, &ARG		&A1			
MEND	NG	2			MNT	DEFINITION
MACRO		3	&A2		С	
ADDS	&A1, &A2,&A3	4	&A3		1	ADD1 &ARG
ADD1	&A1				2	L 1, #1
ADD1	&A2	L 1, D1	1	-1	3	A 1, =F'1'
ADD1	&A3	A 1, =F'1'	2	8		
MEND	D1 D2 D2	ST 1, D1	3	Blk	4	ST 1, #1
ADDS	D1, D2, D3	L 1, D2	4	D1	5	MEND
· :		A 1, =F'1'			6	ADDS &A1, &A2, &A3
END		ST 1,D2	5	D2	7	ADD1 #2
			6	D3		
			7	1	8	ADD1 #3
MNT	C NAME	MDTC	8	1	9	ADD1 #4
			9	Blk	10	MEND
1	ADD1	1	10	D3	11	
2	ADDS	6	11		AC	DD1 D3
3			12			
						8/2/2024 93

MACRO			INDEX		RGU IT	ME	MDLC 2 0 N 2 0,4,2,4,2,4,2			
ADD1&ARG L 1, &ARG A 1, =F'1' ST 1, &ARG MEND			1		&ARG			SP 2 -1,1,7,1,7,1,7		
			2 3 4		A1		MNT DEFIN	DEFINI	TION	
MACRO	MACRO ADDS &A1, &A2, &A3 ADD1 &A1 ADD1 &A2 ADD1 &A3 MEND ADDS D1, D2, D31 :				&A2 &A3		1 ADD1 &AR	&ARG		
ADD1&A2 ADD1&A3 MEND			L 1,D1 A 1,=F'1' ST 1,D1 L 1,D2 A 1,=F'1'		1 2 3 4 5	-1 7 Blk D1 D2	2 3 4 5 6	ST 1,#1 MEND	A 1, =F'1' ST 1, #1	
		ST 1,D2 L 1,D3			6	D3	7	ADD1	#2	
MNTC	NAME	MDTC			7 8 9	1 2 Blk	8 9 10	ADD1 ADD1 MEND	#3 #4	
1	ADD1	1			10	D3	11			
2	ADDS	6			11 12					
								8/2/2024		QΛ

/2/2024 94

MACRO ADD1 8	kARG	INDEX		ARGU	ME	MDLC 2 0			
	L 1,&ARG			NT			N 🖸 0,4,2,4,2,4		
A 1,=F'1'	J	1	8	&ARG			SP 🛭 -1,1,7,1,7	7,1,7	
ST 1,&ARG	ì	2	8	&A1		MNT	DEFINITIO	N	
MEND		3	,	&A2		С			
MACRO							ADD4 0A	D .0	
ADDS 8	kA1,&A2,&A3	4	8	RA3		1	ADD1 &A	RG	
ADD1 8	kA1					2	L 1,#1		
ADD1 8	kA2	L 1,D1		1	-1	3	A 1,=F'1'		
ADD1 8	kA3	A 1,=F'1'		2	7	3	A 1,-F 1		
MEND		ST 1,D1		3	Blk	4	ST 1,#1		
ADDS D)1,D2,D3	L 1,D2				5	MEND		
:		A 1,=F'1'		4	D1	6		0 1 2 0 1 2	
:		ST 1,D2		5	D2	O	ADDS &A1,8	XAZ, XAS	
END		L 1,D3		6	D3	7	ADD1 #2		
		A 1,=F'1'		7	1	8	ADD1 #3	3	
				/		9	ADD1 #4		
MNTC	NAME	MDTC		8	3			•	
				9	Blk	10	MEND		
1	ADD1	1		10	D3	11			
2	ADDS	6		11					
3				12					
						8/2/202	24	95	

MACRO		INDEX	ARGU	ME	MDLC 2 0			
ADD1	&ARG		NT			N 2 0,4,2,4	1,2,4,2	
L 1,&AF		1	&ARG		:	SP 🛭 -1,1,7	,1,7,1,7	
A 1,=F'1		2	&A1		MNT	DEFINI	ΓΙΟΝ	
ST 1,&AF MEND	3 6	3	&A2		C	DELIM	IION	
MACRO						ADD 1	9 A D C	
ADDS	&A1,&A2,&A3	4	&A3		1		&ARG	
ADD1	&A1	L 1,D1	1	-1	2	L 1,#1		
ADD1	&A2	A 1,=F'1' ST 1,D1	2	7	3	A 1,=F'	1'	
ADD1 MEND	&A3	L 1,D2			4	ST 1,#1		
ADDS	D1,D2,D3	A 1,=F'1'	3	Blk	5	MEND		
:	, ,	ST 1,D2	4	D1	6		A1,&A2,&A3	
:		L 1,D3	5	D2				
END		A 1,=F'1'	6	D3	7	ADD1	#2	
		ST 1,D3	7	1	8	ADD1	#3	
MNT	C NAME	MDTC	8	4	9	ADD1	#4	
IVIINI	C INAIVIE	IVIDIC			10	MEND		
			9	Blk	11			
1	ADD1	1	10	D3				
2	ADDS	6	11					
3			12					
					8/2/202	24	96	

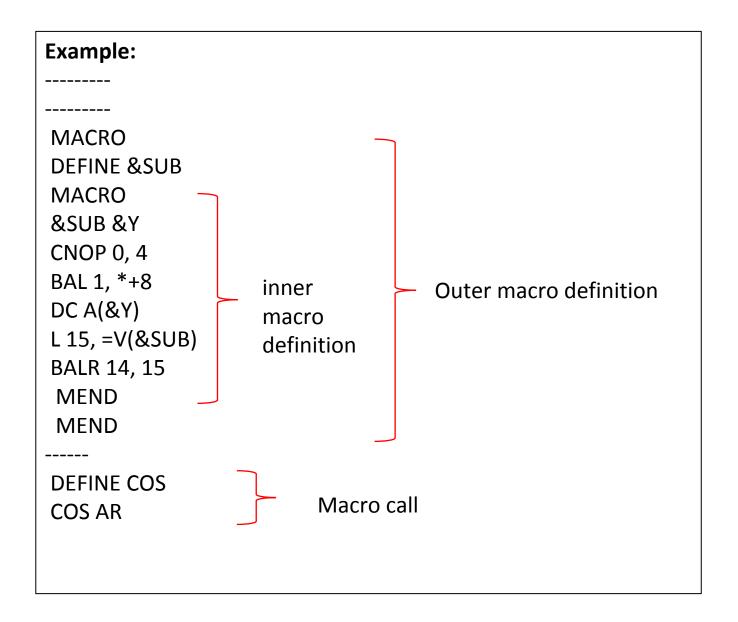
MACRO		INDEX	ARGUME		MDLC 2 0		
ADD1	&ARG	NT				N 🛭 0,4,2,4,2,4,2,4	
L 1,&AF		1	1 &ARG		SP 2 -1,1,7,1,7,1,7,1		
A 1,=F'1'		<u>-</u>					
ST 1,&AF	3 6	2	&A1		MNT	DEFINITION	
MEND MACRO		3	&A2		С		
ADDS	&A1,&A2,&A3	4	& <u>^</u> 2		1	ADD1 &ARG	
ADD1	&A1	L 1,D1	1	-1	2	L 1,#1	
ADD1	&A2	A 1,=F'1'	2	7	3	A 1,=F'1'	
ADD1	&A3	ST 1,D1	3	Blk			
MEND	D4 D2 D2	L 1,D2	4	D1	4	ST 1,#1	
ADDS	D1,D2,D3	A 1,=F'1'			5	MEND	
		ST 1,D2	5	D2	6	ADDS &A1,&A2,&A3	
END		L 1,D3	6	D3	7	ADD1 #2	
		A 1,=F'1' ST 1,D3	7	1			
		31 1,03	8	5	8	ADD1 #3	
MNT	C NAME	MDTC	9	Blk	9	ADD1 #4	
			10	D3	10	MEND	
4	ADD 4	4		טט	11		
1	ADD1	1	11				
2	ADDS	6	12				

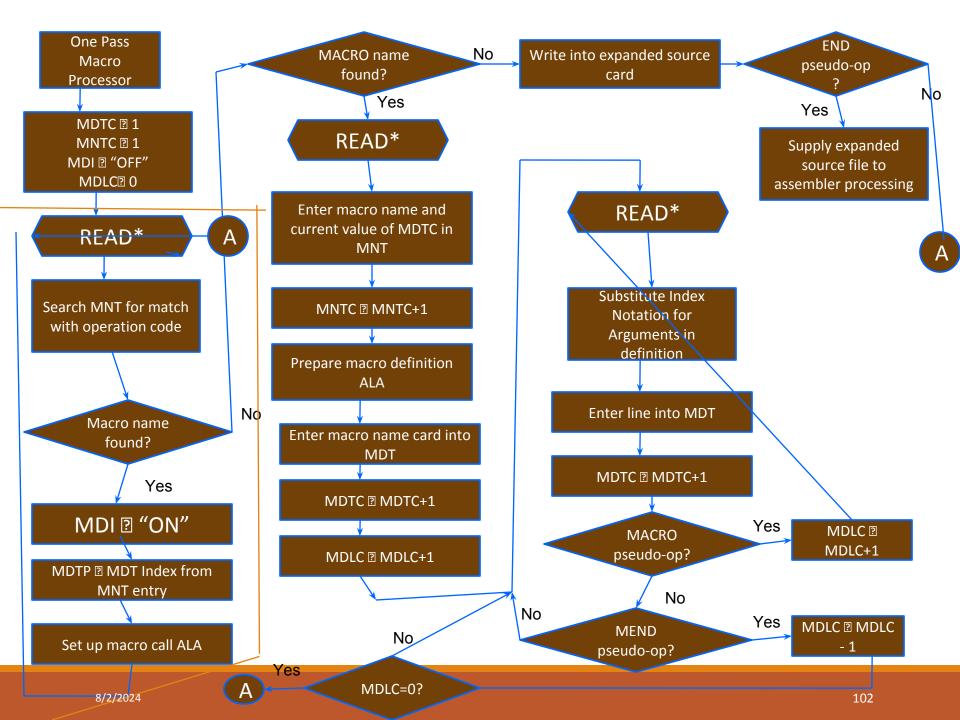
MACRO		INDEX	ARGU	ARGUME		MDLC 2 0		
ADD1	&ARG		NT			N 2 0,4,2,4,2,4,2,4,0		
L 1,&AI		1	&ARG			SP 🛭 -1,1,7,1,7,1,7,1,-1		
A 1,=F'1'		-						
ST 1,&AI	KG	2	&A1		MNT	DEFINITION		
MEND MACRO		3	&A2		С			
ADDS	&A1,&A2,&A3	4	& <u>^</u> 2		1	ADD1 &ARG		
ADD1	&A1	L 1,D1	1	-1	2	L 1,#1		
ADD1	&A2	A 1,=F'1'	2	10	3	A 1,=F'1'		
ADD1	&A3	ST 1,D1	3	Blk		•		
MEND	54.50.50	L 1,D2	4	D1	4	ST 1,#1		
ADDS	D1,D2,D3	A 1,=F'1'			5	MEND		
		ST 1,D2	5	D2	6	ADDS &A1,&A2,&A3		
: END		L 1,D2	6	D3	7	, ,		
LIVE		A 1,=F'1'	7	1		ADD1 #2		
		ST 1,D2	8	5	8	ADD1 #3		
N 4N 1-	O NANAE	MDTO			9	ADD1 #4		
MNT	C NAME	MDTC	9	Blk	10	MEND		
			10	D3		IVILIAD		
1	ADD1	1	11		11			
2	ADDS	6	12					

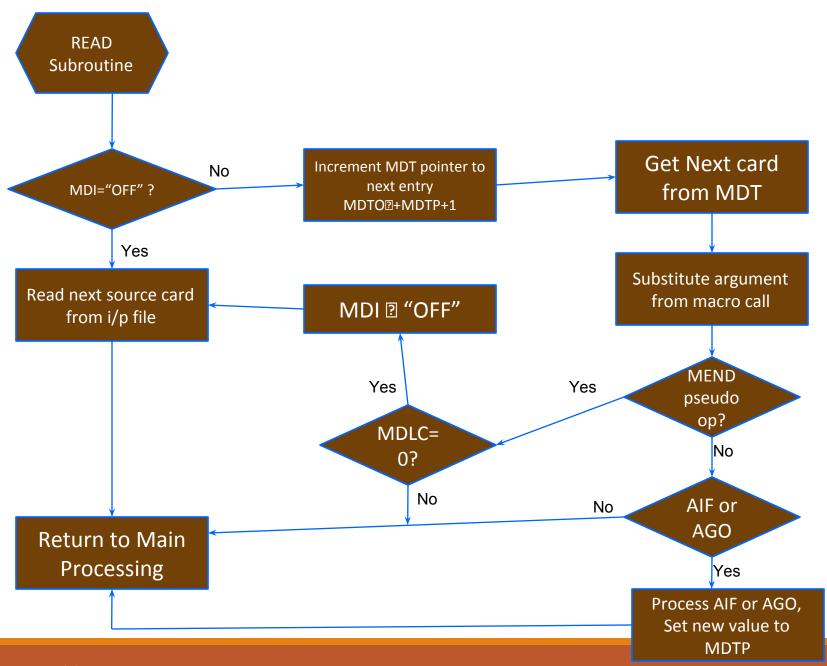
MACRO	INDEX	ARGUME	MDLC ? 0
ADD1 &ARG		NT	N 2 0,4,2,4,2,4,0
L 1,&ARG	1	&ARG	SP 2 -1,1,7,1,7,1,7,1,-1
A 1,=F'1'			
ST 1,&ARG	2	&A1	MNT DEFINITION
MEND	3	&A2	С
MACRO		8 ^ 2	1 ADD1 &ARG
ADDS &A1,&A2,&A3	L 1,D1	o 1 -1	
ADD1 &A1	A 1,=F'1'	2 10	2 L 1,#1
ADD1 &A2 ADD1 &A3	ST 1,D1		3 A 1,=F'1'
MEND	L 1,D2	3 Blk	4 ST 1,#1
ADDS D1,D2,D3	A 1,=F'1'	4 D1	- ,
:	ST 1,D2	5 D2	5 MEND
:	L 1,D2		6 ADDS &A1,&A2,&A3
END	A 1,=F'1'	6 D3	7 ADD1 #2
	ST 1,D2	7 1	
	END	8 5	8 ADD1 #3
MNTC NAME	MDTC		9 ADD1 #4
IVIINTO INAIVIE	IVIDIO	9 Blk	10 MEND
1 ADD1	1	10 D3	11
2 ADDS	6	11	1 1
	U	12	
3		14	

Single Pass Macro Processor

(Macro Definition Within Macro)







Source Code

MACRO

DEFINE &SUB

MACRO

&SUB &Y

CNOP0,4

BAL 1,*+8

DC A(&Y)

L 15,=V(&SUB)

BALR 14,15

MEND

MEND

PROGSTART

SR 1,1

DEFINE COS

AR 1,4

COS AR

L 1,X

END

MDTC=1 MNTC=1 MDI="OFF" MDLC=0 MDTP=

ALA	
INDEX	ARG

MNT
MNTCNAMEMDTC

MDT
MDTCDEF

DEFINE &SUB

MACRO

&SUB &Y

CNOP0,4

BAL 1,*+8

DC A(&Y)

L 15,=V(&SUB)

BALR 14,15

MEND

MEND

PROGSTART

SR 1,1

DEFINE COS

AR 1,4

COS AR

L 1,X

END

MDT

MDTP=

MDTCDEF

DEFINE &SUB

MACRO

&SUB &Y

CNOP_{0,4}

BAL 1,*+8

DC A(&Y)

L 15,=V(&SUB)

BALR 14,15

MEND

MEND

PROGSTART

SR 1,1

DEFINE COS

AR 1,4

COS AR

L 1,X

END

MDTC=2

MNTC=2

MDI="OFF"

MDLC=1

MDTP=

ALA

INDEX ARG

#0 &SUB

MNT

MNTCNAMEMDTC

1 DEFINE

*ש*בו

MDT

MDTC DEF

DEFINE &SUB

2

DEFINE &SUB

MACRO

&SUB &Y

CNOP_{0,4}

BAL 1,*+8

DC A(&Y)

L 15,=V(&SUB)

BALR 14,15

MEND

MEND

PROGSTART

SR 1,1

DEFINE COS

> AR 1,4

COS AR

1,X

END

MDTC=3

MNTC=2

MDI="OFF"

MDLC=2

MDTP=

ALA

INDEX ARG

#0 &SUB **MNT**

MNTC NAME MDTC

DEFINE

MDT

MDTC DEF

DEFINE &SUB 2 MACRO

&SUB DEFINE

MACRO

&SUB &Y

CNOP_{0,4}

BAL 1,*+8

DC A(&Y)

L 15,=V(&SUB)

BALR 14,15

MEND

MEND

PROGSTART

SR 1,1

DEFINE COS

> AR 1,4

COS AR

1,X

END

MDTC=4

MNTC=2

MDI="OFF"

MDLC=2

MDTP=

ALA

INDEX ARG

&SUB #0

MNT

MNTC NAME MDTC

DEFINE 1

MDT

MDTC DEF

DEFINE &SUB

MACRO

#0 &Y **MACRO**

DEFINE &SUB

MACRO

&SUB &Y

CNOP_{0,4}

BAL 1,*+8

DC A(&Y)

L 15,=V(&SUB)

BALR 14,15

MEND

MEND

PROGSTART

SR 1,1

DEFINE COS

> AR 1,4

COS AR

1,X

8/2/2024

END

MDTC=5

MNTC=2

MDI="OFF"

MDLC=2

MDTP=

ALA

INDEX ARG

#0 &SUB

MNT

MNTC NAME MDTC

DEFINE

MDT

MDTC DEF

DEFINE &SUB

MACRO

#0 &Y CNOP 0,4

Reading Next source card after entering line into MDT

MACRO

DEFINE &SUB

MACRO

&SUB &Y

CNOP_{0,4}

BAL 1,*+8

DC A(&Y)

L 15,=V(&SUB)

BALR 14,15

MEND

MEND

PROGSTART

SR 1,1

DEFINE COS

AR 1,4

COS AR

L 1,X

END

MDTC=6

MNTC=2

MDI="OFF"

MDLC=2

MDTP=

ALA

INDEX ARG

#0 &SUB

#0 &508

MNT

MNTC NAME MDTC

DEFINE

__..._

MDT

MDTCDEF

1 DEFINE &SUB

MACRO #0 &Y

4 CNOP 0,4 5 BAL 1,*+8

6 ----- **MACRO**

DEFINE &SUB

MACRO

&SUB &Y

CNOP_{0,4}

BAL 1,*+8

DC A(&Y)

L 15,=V(&SUB)

BALR 14,15

MEND

MEND

PROGSTART

SR 1,1

DEFINE COS

AR 1,4

COS AR

L 1,X

END

MDTC=7

MNTC=2

MDI="OFF"

MDLC=2

MDTP=

ALA

.....

INDEX ARG

#0 &SUB

MNT

MNTCNAMEMDTC

1 DEFINE

2

MDT

MDTC DEF

1 DEFINE &SUB 2 MACRO 3 #0 &Y

4 CNOP 0,4 5 BAL 1,*+8

6 DC A(&Y) 7

MACRO DEFINE &SUB **MACRO &SUB &Y** CNOP_{0,4} BAL 1,*+8 DC A(&Y)L 15,=V(&SUB) **BALR 14,15 MEND MEND PROGSTART** SR 1,1

COS

1,4

1,X

DEFINE

COS AR

END

AR

MNT
-----MNTC NAME MDTC
----1 DEFINE 1
2

MDTC=9 **MACRO** ALA MNTC=2 **DEFINE** &SUB INDEX ARG MDI="OFF" **MACRO** #0 &SUB MDLC=2 **&SUB &Y** MDTP= CNOP0,4 BAL 1,*+8 DC A(&Y) L 15,=V(&SUB) **BALR 14,15** MDT **MEND MEND PROGSTART** SR 1,1 DEFINE COS

MNT MNTC NAME MDTC DEFINE

MDTCDEF			
1 2 3 4 5 6 7 8	CNOP BAL DC L	DEFINE &SUB MACRO 0 &Y 0,4 1,*+8 A(&Y) 15,=V(#0) 14,15	

AR

COS AR

END

1,4

1,X

MACRO &SUB DEFINE

MACRO

&SUB &Y

CNOP_{0,4}

BAL 1,*+8 DC A(&Y)

L 15,=V(&SUB)

BALR 14,15

MEND

MEND

PROGSTART

SR 1,1

DEFINE COS

> AR 1,4

COS AR

1,X

END

MDTC=10

MNTC=2

MDI="OFF"

MDLC=1

ALA

INDEX ARG

#0 &SUB

MDTP=

MNT

MNTC NAME MDTC

DEFINE

MDT

10

MDTC DEF

DEFINE &SUB MACRO &Y #0 CNOP 0.4 BAL 1,*+8 6 DC A(&Y)15, =V(#0)BALR 14,15 **MEND**

MACRO &SUB DEFINE **MACRO &SUB &Y** CNOP_{0,4} BAL 1,*+8 DC A(&Y)15,=V(&SUB) **BALR 14,15 MEND MEND PROGSTART**

SR 1,1 COS 1,4 1,X

MDTC=11 **ALA** MNTC=2 INDEX ARG MDI="OFF" &SUB #0 MDLC=0 MDTP=

MNT MNTC NAME MDTC DEFINE

MDT **MDTC DEF DEFINE &SUB MACRO** &Y #0 CNOP 0.4 1,*+8 BAL DC A(&Y)6 L 15,=V(#0) BALR 14,15 **MEND MEND**

DEFINE

COS AR

END

AR

MNT MDTC=11 **MACRO** ALA MNTC=2 &SUB DEFINE MNTC NAME MDTC INDEX ARG MDI="OFF" **MACRO** DEFINE &SUB #0 MDLC=0 **&SUB &Y** MDTP= CNOP_{0,4} BAL 1,*+8 DC A(&Y)L 15,=V(&SUB) MDT **EXPANDED SOURCE FILE BALR 14,15 MDTC DEF MEND PROGSTART DEFINE &SUB MEND** MACRO &Y **PROGSTART** #0 CNOP 0.4 SR 1,1 BAL 1,*+8 6 DC A(&Y)DEFINE COS L 15,=V(#0) AR 1,4 BALR 14,15

MEND

MEND

1,X

COS AR

MDTC=11 MNT **MACRO** ALA MNTC=2 DEFINE &SUB MNTC NAME MDTC INDEX ARG MDI="OFF" **MACRO** DEFINE #0 &SUB MDLC=0 **&SUB &Y** MDTP= CNOP_{0,4} BAL 1,*+8 DC A(&Y)L 15,=V(&SUB) MDT **EXPANDED SOURCE FILE BALR 14,15 MDTC DEF MEND PROGSTART DEFINE &SUB MEND** MACRO SR 1,1 &Y #0 **PROGSTART** CNOP 0.4 SR 1,1 BAL 1,*+8 6 DC A(&Y)COS DEFINE L 15, =V(#0) AR 1,4 BALR 14,15 MEND COS AR MEND L 1,X

MNT MDTC=11 **MACRO ALA** MNTC=2 DEFINE &SUB **MNTC NAME MDTC** INDEX **ARG** MDI="ON" **MACRO** DEFINE COS #0 MDLC=0 **&SUB &Y** MDTP=1 CNOP_{0,4} BAL 1,*+8 DC A(&Y)15,=V(&SUB) **MDT EXPANDED SOURCE FILE BALR 14,15 MDTCDEF MEND DEFINE &SUB PROGSTART MEND MACRO** SR 1, 1 #0 &Y **PROGSTART** CNOP 0.4 SR 1,1 BAL 1,*+8 DC A(&Y) **DEFINE** COS L 15,=V(#0) AR 1,4 BALR 14,15 MEND 9 COS AR **MEND** 10 1,X

MACRO DEFINE &SUB **MACRO &SUB &Y** CNOP_{0,4} BAL 1,*+8 DC A(&Y)L 15,=V(&SUB) **BALR 14,15 MEND MEND PROGSTART** SR 1,1 COS DEFINE AR 1,4 COS AR 1,X

END

MDTC=11

MNTC=2

MDI="ON"

MDLC=0

MDTP=2

ALA

INDEX ARG

MO COS

MNT
-----MNTC NAME MDTC
-----1 DEFINE 1
2

EXPANDED SOURCE FILE
----PROGSTART
SR 1,1

MACRO &SUB DEFINE **MACRO &SUB &Y** CNOP_{0,4} BAL 1,*+8 DC A(&Y) L 15,=V(&SUB) **BALR 14,15 MEND MEND PROGSTART** SR 1,1 DEFINE COS AR 1,4 COS AR L 1,X

8/2/2024

END

MDTC=12

MNTC=3

MDI="ON"

MDLC=1

MDTP=3

ALA

INDEX ARG

COS

#1 &Y

MNT

MNTC NAME MDTC

1 DEFINE 1
2 COS 11
3

MDT MDTCDEF DEFINE &SUB **MACRO** #0/COS &Y CNOP 0,4 BAL 1.*+8 DC A(&Y)L 15,=V(#0) 8 BALR 14,15 **MEND** 10 **MEND** 11 COS &Y

EXPANDED SOURCE FILE
-----PROGSTART
SR 1,1

MDTC=13 MNT **MACRO** ALA MNTC=3 DEFINE &SUB MNTC NAME MDTC INDEX ARG MDI="ON" **MACRO** DEFINE #0 COS MDLC=1 **&SUB &Y** COS 11 &Y MDTP=4 CNOP_{0,4} BAL 1,*+8 DC A(&Y)L 15,=V(&SUB) MDT **EXPANDED SOURCE FILE BALR 14,15 MDTC DEF MEND PROGSTART DEFINE &SUB MEND** MACRO SR 1,1 #0/COS &Y **PROGSTART** CNOP 0.4 SR 1,1 BAL 1,*+8 6 DC A(&Y)DEFINE COS L 15,=V(#0) AR 1,4 BALR 14,15 **MEND** COS AR MEND 1,X COS &Y 11 12 CNOP 0,4 **END** 13

MDTC=14 MNT **MACRO** ALA MNTC=3 DEFINE &SUB MNTC NAME MDTC INDEX ARG MDI="ON" **MACRO** DEFINE #0 COS MDLC=1 **&SUB &Y** COS 11 &Y MDTP=5 CNOP_{0,4} BAL 1,*+8 DC A(&Y)L 15,=V(&SUB) MDT **EXPANDED SOURCE FILE BALR 14,15 MDTC DEF MEND PROGSTART DEFINE &SUB MEND** MACRO SR 1,1 #0/COS &Y **PROGSTART** CNOP 0,4 SR 1,1 BAL 1,*+8 6 DC A(&Y)COS DEFINE 15, =V(#0)AR 1,4 BALR 14,15 **MEND** COS AR MEND 1,X COS &Y 11 CNOP 0,4 12 **END** 13 BAL 1,*+8 14

MDTC=15 MNT **MACRO** ALA MNTC=3 DEFINE &SUB MNTC NAME MDTC INDEX ARG MDI="ON" **MACRO** DEFINE #0 COS MDLC=1 **&SUB &Y** COS 11 &Y MDTP=6 CNOP_{0,4} BAL 1,*+8 DC A(&Y)L 15,=V(&SUB) MDT **EXPANDED SOURCE FILE BALR 14,15 MDTC DEF MEND PROGSTART DEFINE &SUB MEND** MACRO SR 1,1 #0/COS &Y **PROGSTART** CNOP 0.4 SR 1,1 BAL 1,*+8 DC A(&Y)DEFINE COS L 15,=V(#0) AR 1,4 BALR 14,15 **MEND** COS AR MEND 1,X COS &Y 11 CNOP 0,4 **END** 13 BAL 1,*+8 14 DC A(#1) 15

MACRO	MDTC=16 ALA	MNT
DEFINE &SUB	MNTC=3 INDEX ARG	MNTC NAME MDTC
MACRO &SUB &Y	MDI="ON"	1 DEFINE 1 2 COS 11
CNOP 0,4	MDTP=7 #1 &Y	2 COS 11 3
BAL 1,*+8		
DC A(&Y)		
L 15,=V(&SUB)	MDT	EXPANDED SOURCE FILE
BALR 14,15	MDTC DEF	
MEND		PROGSTART
MEND	1 DEFINE &SUB 2 MACRO	
PROGSTART	3 #0/COS &Y	SR 1,1
SR 1,1	4 CNOP 0,4 5 BAL 1,*+8	
DEFINE COS	6 DC A(&Y) 7 L 15.=V(#0)	
AR 1,4	7 L 15,=V(#0) 8 BALR 14,15	
COS AR	9 MEND	
L 1,X	10 MEND 11 COS &Y	
END	12 CNOP 0,4 13 BAL 1,*+8 14 DC A(#1) 15 L 15,=V(COS) 16	

MDTC=17 MNT **MACRO** ALA MNTC=3 DEFINE &SUB MNTC NAME MDTC INDEX ARG MDI="ON" **MACRO** DEFINE #0 COS MDLC=1 **&SUB &Y** COS 11 &Y MDTP=8 CNOP_{0,4} BAL 1,*+8 DC A(&Y)L 15,=V(&SUB) MDT **EXPANDED SOURCE FILE BALR 14,15 MDTC DEF MEND PROGSTART DEFINE &SUB MEND** MACRO SR 1,1 #0/COS &Y **PROGSTART** CNOP 0.4 SR 1,1 BAL 1,*+8 6 DC A(&Y)COS DEFINE L 15,=V(#0) AR 1,4 BALR 14,15 **MEND** COS AR MEND 1,X COS &Y 11 CNOP 0,4 **END** 13 BAL 1,*+8 DC 14 A(#1) L 15,=V(COS) 15 BALR 14,15 16

MDTC=18 MNT **MACRO** ALA MNTC=3 DEFINE &SUB MNTC NAME MDTC INDEX ARG MDI="ON" **MACRO** DEFINE #0 COS MDLC=0 **&SUB &Y** COS 11 &Y MDTP=9 CNOP_{0,4} BAL 1,*+8 DC A(&Y)MDT 15,=V(&SUB) **EXPANDED SOURCE FILE MDTC DEF BALR 14,15 DEFINE &SUB MEND PROGSTART** MACRO **MEND** #0/COS &Y SR 1,1 CNOP 0,4 **PROGSTART** BAL 1,*+8 DC A(&Y)SR 1,1 L 15, =V(#0) DEFINE COS BALR 14,15 AR **MEND** 1,4 10 **MEND** COS AR 11 COS &Y CNOP 0,4 1,X 13 BAL 1,*+8 **END** DC A(#1) 14 L 15,=V(COS) 15 16 BALR 14,15 17 **MEND** 18

MACRO DEFINE &SUB **MACRO &SUB &Y** CNOP_{0,4} BAL 1,*+8 DC A(&Y)15,=V(&SUB) **BALR 14,15 MEND** MEND **PROGSTART** SR 1,1 DEFINE COS AR 1,4 COS AR 1,X L **END**

MDTC=18 MNTC=3 MDI="OFF"	ALA INDEX		ARG
MDLC=0	#0	COS	
MDTP=10	#1	&Y	

MNT		
MNTCN	IAMEMDTC	
1 2 3	DEFINE COS 11	1

MDT **MDTC DEF DEFINE &SUB** MACRO #0/COS &Y CNOP 0,4 BAL 1,*+8 DC A(&Y)L 15,=V(#0) BALR 14,15 9 **MEND** 10 **MEND** 11 COS &Y CNOP 0,4 13 BAL 1,*+8 DC A(#1) 14 15 L 15,=V(COS) 16 BALR 14,15 17 **MEND** 18

EXPANDED SOURCE FILE
-----PROGSTART
SR 1,1

MACRO DEFINE &SUB **MACRO &SUB &Y** CNOP_{0,4} BAL 1,*+8 DC A(&Y)15,=V(&SUB) **BALR 14,15 MEND MEND PROGSTART** SR 1,1 DEFINE COS AR 1,4 COS AR 1,X **END**

MDTC=18 MNTC=3	ALA		
MDI="OFF"	INDE	EX	ARG
MDLC=0	#0 #1	COS &Y	
MDTP=10	π I		

MNT		
MNTC	NAMEMDTC	
1 2 3	DEFINE COS 11	1

MDT **MDTC DEF DEFINE &SUB** MACRO #0/COS &Y CNOP 0,4 BAL 1,*+8 DC A(&Y)L 15, =V(#0) BALR 14,15 9 **MEND** 10 **MEND** 11 COS &Y CNOP 0,4 13 BAL 1,*+8 DC A(#1) 14 15 L 15,=V(COS) 16 BALR 14,15 17 **MEND**

EXPANDED SOURCE FILE
----PROGSTART
SR 1,1
AR 1,4

MACRO DEFINE &SUB **MACRO &SUB &Y** CNOP_{0,4} BAL 1,*+8 DC A(&Y)L 15,=V(&SUB) **BALR 14,15 MEND MEND PROGSTART** SR 1,1 DEFINE COS AR 1,4 COS AR L 1,X

MDTC=18

MNTC=3

MDI="ON"

MDLC=0

MDTP=11

ALA

INDEX ARG

HO COS

#1 AR

MNT
-----MNTC NAME MDTC

1 DEFINE 1
2 COS 11
3

MDT

MDTCDE	 EF
5 BA 6 DC 7 L 8 BA 9 ME 10 ME 11 CC 12 CN 13 BA 14 DC 15 L 16 BA	C A(&Y) 15,=V(#0) LR 14,15 END END OS &Y NOP 0,4 L 1,*+8

EXPANDED SOURCE FILE
-----PROGSTART
SR 1, 1
AR 1, 4

MACRO	MDTC=18 ALA	MNT
DEFINE &SUB	MNTC=3 INDEX ARG MDI="ON"	MNTCNAMEMDTC
MACRO &SUB &Y CNOP 0,4	MDLC=0 #0 COS #1 AR	1 DEFINE 1 2 COS 11 3
BAL 1,*+8		
DC A(&Y)	MDT	
L 15,=V(&SUB) BALR 14,15	MDTC DEF	EXPANDED SOURCE FILE
MEND	1 DEFINE &SUB 2 MACRO	
MEND	3 #0/COS &Y	PROGSTART
PROGSTART	4 CNOP 0,4 5 BAL 1,*+8	SR 1,1
SR 1,1	6 DC A(&Y)	AR 1,4
DEFINE COS	7 L 15,=V(#0) 8 BALR 14,15	CNOP0,4
AR 1,4	9 MEND	
COS AR	10 MEND 11 COS &Y	
L 1,X END	12 CNOP 0,4 13 BAL 1,*+8 14 DC A(#1) 15 L 15, =V(COS) 16 BALR 14,15 17 MEND	

MDTC=18 **MACRO** ALA MNTC=3 DEFINE &SUB INDEX ARG MDI="ON" **MACRO** #0 COS MDLC=0 **&SUB &Y** AR MDTP=13 CNOP_{0,4} BAL 1,*+8 DC A(&Y)MDT 15,=V(&SUB) **MDTC DEF BALR 14,15 DEFINE &SUB MEND PROGSTART** MACRO **MEND** #0/COS &Y CNOP 0,4 **PROGSTART** BAL 1,*+8 DC A(&Y)SR 1,1 L 15,=V(#0) DEFINE COS BALR 14,15 AR MEND 1,4 10 **MEND** COS AR 11 COS &Y CNOP 0,4 1,X 13 BAL 1,*+8 **END** DC A(#1) 14 15, =V(COS) 15 16 BALR 14,15

17

MEND

MNT MNTC NAME MDTC DEFINE COS 11

EXPANDED SOURCE FILE

SR 1,1 AR 1,4 CNOP_{0,4} BAL 1,*+8

MDTC=18 MNT **MACRO** ALA MNTC=3 DEFINE &SUB INDEX ARG MDI="ON" **MACRO** #0 COS MDLC=0 **&SUB &Y** AR MDTP=14 CNOP_{0,4} BAL 1,*+8 DC A(&Y)MDT L 15,=V(&SUB) **MDTC DEF BALR 14,15 DEFINE &SUB MEND PROGSTART** MACRO **MEND** #0/COS &Y SR 1,1 CNOP 0,4 **PROGSTART** AR 1,4 BAL 1,*+8 DC A(&Y)SR 1,1 CNOP_{0,4} L 15, =V(#0) DEFINE COS BALR 14,15 AR MEND 1,4 DC 10 **MEND** COS AR COS 11 &Y CNOP 0,4 1,X 13 BAL 1,*+8 **END** DC A(#1) 15 L 15,=V(COS) 16 BALR 14,15

17

MEND

MNTC NAME MDTC DEFINE COS 11

EXPANDED SOURCE FILE

BAL 1,*+8 A(AR)

MDTC=18 **MACRO ALA** MNTC=3 DEFINE &SUB INDEX ARG MDI="ON" **MACRO** #0 COS MDLC=0 **&SUB &Y** AR MDTP=15 CNOP_{0,4} BAL 1,*+8 DC A(&Y) MDT 15,=V(&SUB) **MDTC DEF BALR 14,15 DEFINE &SUB MEND PROGSTART** MACRO **MEND** #0/COS &Y CNOP 0,4 **PROGSTART** BAL 1,*+8 DC SR A(&Y) 1,1 L 15,=V(#0) DEFINE COS BALR 14,15 AR 9 MEND 1,4 DC 10 **MEND** COS AR 11 COS &Y CNOP 0,4 12 1,X L 13 BAL 1,*+8 **END** DC A(#1) 14 15,=V(COS) 15 16 BALR 14,15

17

18

MEND

MNT		
MNTC	NAMEMDTC	
1 2	DEFINE COS 11	1
3		

EXPANDED SOURCE FILE

SR 1,1 AR 1,4 CNOP_{0,4} BAL 1,*+8 A(AR) 15,=V(COS)

MDTC=18 MNT **MACRO** ALA MNTC=3 DEFINE &SUB MNTC NAME MDTC INDEX ARG MDI="ON" **MACRO** DEFINE #0 COS MDLC=0 **&SUB &Y** COS 11 AR MDTP=16 CNOP_{0,4} BAL 1,*+8 DC A(&Y)MDT L 15,=V(&SUB) **EXPANDED SOURCE FILE MDTC DEF BALR 14,15 DEFINE &SUB MEND PROGSTART** MACRO **MEND** #0/COS &Y SR 1,1 CNOP 0,4 **PROGSTART** AR 1,4 BAL 1,*+8 DC A(&Y)SR 1,1 CNOP_{0,4} L 15,=V(#0) DEFINE COS BALR 14,15 BAL 1,*+8 AR MEND 1,4 DC A(AR) 10 **MEND** COS AR 15,=V(COS) 11 COS &Y BALR 14,15 CNOP 0,4 1,X L 13 BAL 1,*+8 **END** DC A(#1) 14 15 L 15,=V(COS) BALR 14,15 16 17 MEND

MACRO DEFINE &SUB **MACRO &SUB &Y** CNOP_{0,4} BAL 1,*+8 DC A(&Y) 15,=V(&SUB) **BALR 14,15 MEND** MEND **PROGSTART** SR 1,1 DEFINE COS AR 1,4 COS AR 1,X **END**

MDTC=18 MNTC=3	ALA			
MDI="OFF"	INDE	X	ARG	
MDLC=0	#0 #1	COS AR		
MDTP=17				

MNT		
MNTC	NAMEMDTC	
1 2 3	DEFINE COS 11	1

MDT **MDTC DEF DEFINE &SUB** MACRO #0/COS &Y CNOP 0,4 BAL 1,*+8 DC A(&Y)L 15,=V(#0) BALR 14,15 **MEND** 10 **MEND** 11 COS &Y CNOP 0,4 BAL 1,*+8 DC A(#1) 14 15 L 15,=V(COS) 16 BALR 14,15 17 **MEND**

EXPANDED SOURCE FILE
------PROGSTART

SR 1,1

AR 1,4

CNOP 0,4

BAL 1,*+8

DC A(AR)

L 15,=V(COS)

BALR 14,15

MACRO	MDTC=18 ALA	MNT
DEFINE &SUB	MNTC=3 MDI="OFF" INDEX ARG	MNTCNAMEMDTC
MACRO &SUB &Y CNOP0,4	MDLC=0 #0 COS #1 AR MDTP=17	1 DEFINE 1 2 COS 11 3
BAL 1,*+8		
DC A(&Y)	MDT	
L 15,=V(&SUB) BALR 14,15	MDTC DEF	EXPANDED SOURCE FILE
MEND	1 DEFINE &SUB 2 MACRO	PROGSTART
MEND	2 MACRO 3 #0/COS &Y	SR 1,1
PROGSTART	4 CNOP 0,4 5 BAL 1,*+8	AR 1,4
SR 1,1 DEFINE COS	6 DC A(&Y) 7 L 15,=V(#0)	CNOP 0,4
DEFINE COS AR 1,4	8 BALR 14,15 9 MEND 10 MEND	BAL 1,*+8 DC A(AR)
COS AR L 1,X	11 COS &Y 12 CNOP 0,4	L 15,=V(COS) BALR 14,15
END	13 BAL 1,*+8 14 DC A(#1) 15 L 15,=V(COS) 16 BALR 14,15 17 MEND	L 1,X

MDTC=18 MNT MACRO ALA MNTC=3 DEFINE &SUB INDEX ARG MDI="OFF" **MACRO** #0 COS MDLC=0 **&SUB &Y** AR MDTP=17 CNOP_{0,4} BAL 1,*+8 DC A(&Y)MDT L 15,=V(&SUB) **MDTC DEF BALR 14,15 DEFINE &SUB MEND MACRO** MEND #0/COS &Y CNOP 0,4 **PROGSTART** BAL 1,*+8 DC A(&Y)SR 1,1 L 15,=V(#0) DEFINE COS BALR 14,15 AR **MEND** 1,4 10 **MEND** COS AR 11 COS &Y CNOP 0,4 12 1,X 13 BAL 1,*+8 **END** DC A(#1) 14 15 15,=V(COS)

16

17

18

BALR 14,15

MEND

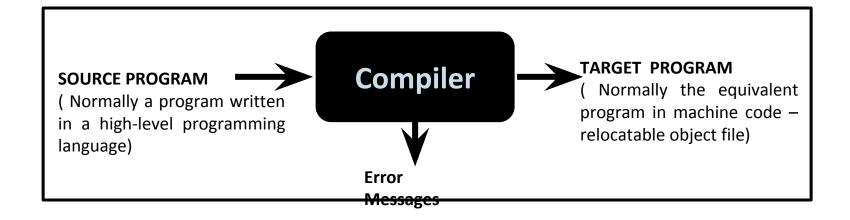
MNTC NAME MDTC DEFINE COS 11

EXPANDED SOURCE FILE

PROGSTART SR 1,1 AR 1,4 CNOP_{0,4} BAL 1,*+8 DC A(AR) 15,=V(COS) BALR 14,15 L 1,X **END**

MDTC=18 MNT MACRO ALA MNTC=3 DEFINE &SUB MNTC NAME MDTC INDEX ARG MDI="OFF" **MACRO** DEFINE #0 COS MDLC=0 **&SUB &Y** COS 11 AR MDTP=17 CNOP_{0,4} BAL 1,*+8 DC A(&Y)MDT L 15,=V(&SUB) **EXPANDED SOURCE FILE MDTC DEF BALR 14,15 DEFINE &SUB MEND PROGSTART** MACRO MEND #0/COS &Y SR 1,1 CNOP 0,4 **PROGSTART** BAL 1,*+8 AR 1,4 DC A(&Y)SR 1,1 CNOP_{0,4} L 15,=V(#0) DEFINE COS BALR 14,15 BAL 1,*+8 AR **MEND** 1,4 DC A(AR) 10 MEND COS AR 15,=V(COS) 11 COS &Y BALR 14,15 CNOP 0,4 1,X 13 BAL 1,*+8 L 1,X **END** DC A(#1) 14 **END** 15 L 15,=V(COS) 16 BALR 14,15 17 MEND

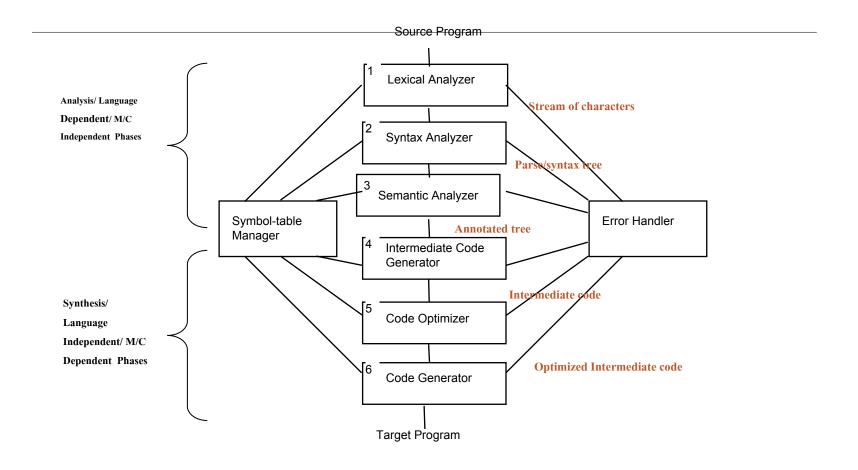
Compiler



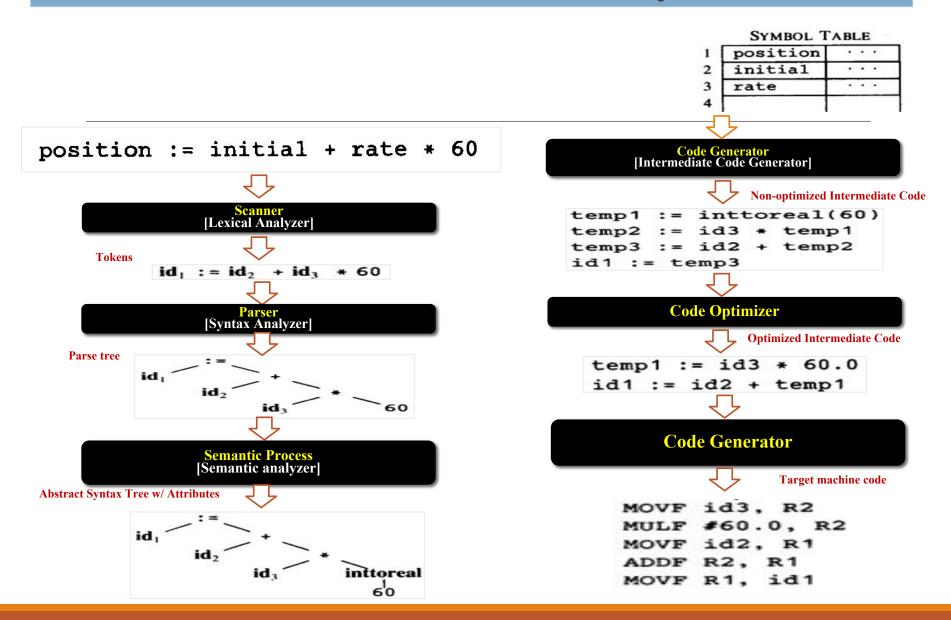
Syllabus

Let's have a look at, what happens inside Black Box

General Model of Compiler



The Structure of a Compiler

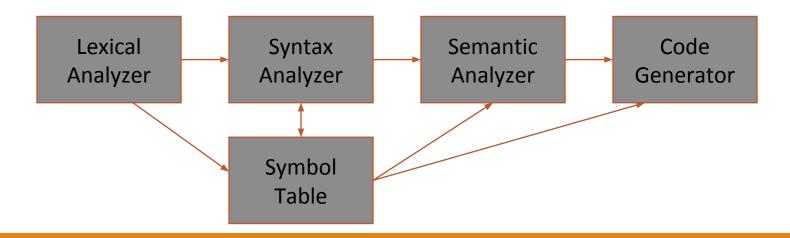


Symbol Table

- Compiler uses symbol table to keep track of scope and binding information about names.
- •Symbol table is searched every time when a name is encountered in source text.
- Changes occur in symbol table if a new name or new info about existing name is discovered.
- •Two symbol table mechanisms are presented generally, linear list, hash tables.
- •Compiler should grow S.T. dynamically at compile time or the symbol table can be kept fixed.

The Symbol Table

- •When identifiers are found, they will be entered into a symbol table, which will hold all relevant information about identifiers.
- •When the symbol is first encountered by the lexer, we do not yet know the scope.
- •That is determined later by the parser.
- •This information will be used later by the semantic analyzer and the code generator.



Symbol Table Entries

We will store the following information about identifiers.

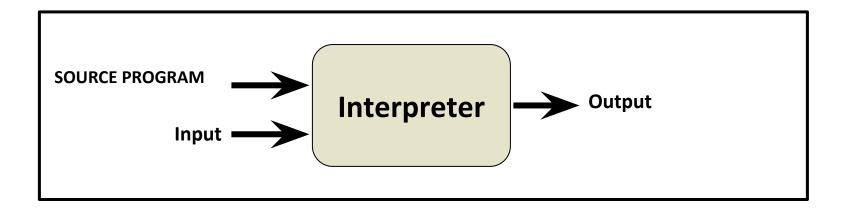
- The name (as a string).
- The data type and value.
- The block level.
- Its scope (global, local, or parameter).
- Its offset from the base pointer (for local variables and parameters only).

8/2/2024

145

Interpreter

It is a translator (language processor) which directly executes operations specified in source program on input supplied by user.



Interpreter vs Compiler

Interpreter	Compiler
Translates program by one statement at a time.	Scans the entire program and translates it as a whole into machine code.
It takes less amount of time to analyze the source code but the overall execution time is slower.	It takes large amount of time to analyze the source code but the overall execution time is comparatively faster.
No intermediate object code is generated, hence are memory efficient.	Generates intermediate object code which further requires linking, hence requires more memory.
Continues translating the program until the first error is met, in which case it stops. Hence debugging is easy.	It generates the error message only after scanning the whole program. Hence debugging is comparatively hard.
Programming language like Python, Ruby use interpreters.	Programming language like C, C++ use compilers.

Case Study- GNU m4 Macro Processor

- •m4 is a macro processor, it copies its input to the output, expanding macros as it goes.
- •Macros are either built-in or user-defined, and can take any number of arguments.
- Besides just doing macro expansion, m4 has built-in functions for including named files in UNIX commands,
 doing integer arithmetic, manipulating text in various ways, recursion, etc.
- •m4 can be used either as a **front-end to a compiler**, or as a macro processor in its own right.
- •The most popular GNU Autoconf pre-requires GNU m4 for generating the 'configure' scripts.
- •While these people will not themselves program in m4. GNU m4 is mostly compatible with the System V, Release 3 version, except for some minor differences.
- •A General Purpose Macro generator (GPM) an important ancestor of m4 . m4 is mostly SVR4 compatible.

Case Study- GNU m4 Macro Processor

The format of the m4 command is:

```
m4 [option...] [macro-definitions...] [input-file...]
```

References

- 1) John Donovan, "Systems Programming", McGraw Hill, ISBN 978-0--07-460482-3
- 2) Dhamdhere D., "Systems Programming and Operating Systems", McGraw Hill, ISBN 0 07 463579 4
- 3) https://www.gnu.org/software/m4/manual/m4.html#Syntax

Ebooks:

- https://www.elsevier.com/books/systems-programming/anthony/978-0-12-800729-7
- https://www.kobo.com/us/en/ebook/linux-system-programming-1
- https://www.e-booksdirectory.com/details.php?ebook=9907

MOOCs Courses Links:

- nptel video lecture link: https://nptel.ac.in/courses/106/105/106105214/
- https://onlinecourses.nptel.ac.in/noc19 cs50/preview
- https://www.udemy.com/course/system-programming/

8/2/2024 150

Thank You