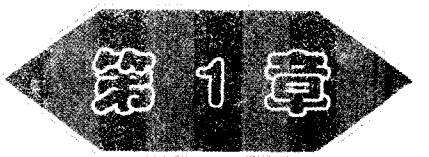


CASL 程序设计环境

CASL 是 Computer Assembly System Language 的简称，可译为计算机汇编语言系统。

由于汇编语言因计算机不同而异，所以当计算机的 CPU 更新换代时就会使得汇编语言随之而改变，因此造成汇编语言在使用时效上比高级语言短得多。 CASL 汇编语言是建立在一个名为 COMET 假想计算机上的汇编语言系统，因此它在很大程度上克服了汇编语言使用时效短的问题。加之 CASL 集中了当今主流 PC 所使用的汇编系统的主要功能及指令形式，所以学习 CASL 与使用当今 PC 是紧密相关的。掌握了 CASL 程序设计，可以打下良好的汇编语言程序设计基础，具备了 CASL 基础，可以迅速学会当今建立在任何计算机上的汇编语言系统。因此可以说学习 CASL 即有广泛意义，又有现实意义。

汇编语言对计算机硬件有很大的依赖性， CASL 也不例外。因此学习 CASL 就需要了解 COMET 计算机，这就是 CASL 的硬件背景，而有关 CASL 的表述形式，指令格式，数的使用与表达等，这些内容则称为 CASL 的软件环境。CASL 的硬件背景与软件环境就是本章要介绍的 CASL 程序设计环境。

1.1 CASL 的硬件背景

1.1.1 COMET 计算机的结构

COMET 是一个 16 位机，每一个单元长度为两个字节。在 COMET 上可以进行 16 位的定点整数运算，逻辑运算，码制变换及字符处理等。

COMET 的组成有 CPU、内存、外部设备等 3 大部分，它与当今的个人计算机(Personal Computer)很相似，其结构示意图如图 1.1 所示。

1.1.2 COMET 的 CPU

CPU(Central Processing Unit）是中央处理器的简称。CPU 与 CASL 有关的部件有通用寄存器、指令计数器、标志寄存器、栈指针等。指令操作部件 OP 在 CASL 的描述中并不出现。

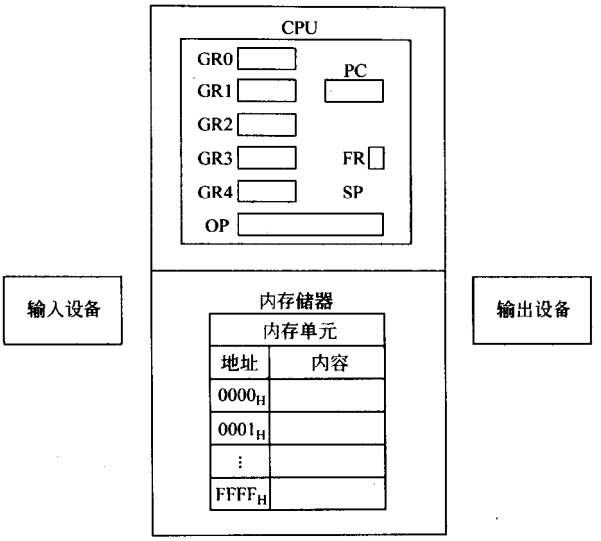


图 1.1 COMET 假想机结构

(1)通用寄存器 GR(General Register)

COMET 的 CPU 设置了 5 个通用寄存器，它们分别是 GR0、RG1、GR2、GR3、GR4。这 5 个寄存器均在 CASL 指令中出现。

通用寄存器在 CASL 中既是一个存储空间，又是一个处理部件，使用它可以存储参加运算的数据，保留运算或处理的中间结果或最后结果。在运算或处理中，它可以作为累加器、移位运算器及个数计数器等。CASL 所有指令的描述几乎都与通用寄存器有关。

通用寄存器的空间长度为两个字节，16 位，它与内存单元的长度一样。因此，寄存器与单元相互交换数据十分方便。寄存器表示无符号数的范围为 $0000_H \sim FFFF_H$，这个值正好是内存单元的地址范围。

通用寄存器可以作为地址寄存器及变址寄存器，但 GR0 不允许用作变址寄存器。

(2)指令计数器 PC(Program Counter)

指令计数器也叫程序计数器，程序计数器记录着当前被执行的指令的地址。由于 CASL 指令长度为 4 个字节，32 位，占两个内存单元，所以执行完一条指令，指令计数器的内容自动加 2，表示为(PC)+2→PC，而遇到转子、转移指令时除外。

(3)标志寄存器 FR(Flag Register)

标志寄存器也叫标志寄存器，它的作用是记录指令执行后的状态。在 CASL 指令系统中有 12 条指令执行后都会对标志寄存器产生影响，或者说标志寄存器对这 12 条指令执行后的状态都予以记录。

标志寄存器的长度为两位，两位所能表示的状态最多为 4 种，这 4 种状态为 00、01、10、11。11 这种状态不使用，所以只有 3 种状态用于指令执行后的状态标志，具体规定如表 1.1。此外，两位标志寄存器，左侧的一位表示符号，0 为正，1 为负。

(4) 栈指针 SP(Stack Pointer)

数据栈也称堆栈，是一种特定的内存空间。在这个空间中可以存储数据，也可以取出

存入的数据。存入数据叫数据进栈，取出数据叫数据出栈。数据栈的特定性能是“先进后出”或“后进先出”。这个性能通俗地说就是，最先进入数据栈的数据，最后才能出栈。数据栈的这种有序出、入数据，不但体现出栈的空间含义，而且包含了一个先、后的时序概念。

表 1.1　3种用于指令执行后的状态标志规定

执行完运算或操作	执行完比较指令	FR 中的状态
① 运算结果为正数	比较结果为大于	00
② 运算结果为零	比较结果为等于	01
③ 运算结果为负数	比较结果为小于	10

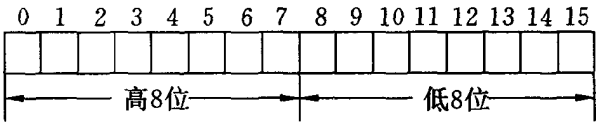
栈指针也叫栈顶指针，它在数据栈的操作过程中所描写的是数据栈的存数状况。数据进栈，栈顶上升，栈指针上浮；数据出栈，栈顶下降，栈指针下沉。但不管数据栈的数据怎样变化，栈指针永远指示着栈顶所在的单元地址。

在 CASL 中，栈指针规定用寄存器 GR4。用圆括号表示 GR4 的内容，则(GR4)表示栈顶地址。而数据进栈，则有 (GR4)－1→GR4 ；数据出栈，栈指针变化为 (GR4)＋1→GR4。

1.1.3　COMET 的内存储器

(1) COMET 的内存容量

COMET 的内存容量为 65536 个字，即 64K 字(1K＝1024)。一个字的长度，即字长为两个字节，16 位。16 位的编号如下：



在 16 位的一个字长中，第 0 位为最高位，在表示有符号数时为数的符号位，第 15 位为最低位。

用一个字 16 位存储无符号数时，表示范围为 .0～$12^{16}-1$，用十六进制表示时为 0～FFFF。

用一个字 16 位存放有符号数的补码时，表示范围为 -2^{15}～$2^{15}-1$，即 −32768～32767。

用一个字 16 位存储一个字符的常数时，高 8 位为 0，低 8 位中的 7 位为美国信息交换标准代码 ASCII。

(2) 内存单元与地址

一个单位的存储空间称为一个单元，65536 个字，即 65536 个单元。由于单元编号，即地址从 0开始，因此地址的表示范围为 0～65535，用十六进制表示这个地址范围为 0000_H～$FFFF_H$ 。在 CASL 中，内存单元地址使用标号地址，当表示连续的若干单元的地址时，只需要一个首地址。例如图 1.2 所示。

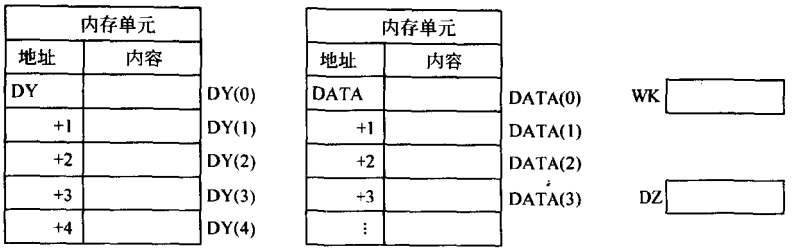


图 1.2　内存单元与地址

图 1.2 中 WK,DZ是在 CASL 中使用的内存单元地址，由标号名表示，它很像高级语言中的变量名。而 DY,DATA 是在 CASL 中使用的连续单元的首地址，它们很像高级语言中的数组名。DY,DATA 为首地址的连续单元中的每一个单元地址很像数组元素名。怎样命名标号，如何定义内存单元将在第 2 章介绍。

1.2　CASL 的软件环境

1.2.1　CASL 的字符集

描写 CASL 的字符全体称为 CASL 的字符集,或者说,在 CASL 中允许使用的字符全体称为 CASL 的字符集。CASL 字符集如表 1.2 所示。

表 1.2　CASL 汇编字符集

高位 / 低位	2	3	4	5
0	间隔	0	@	P
1	!	1	A	Q
2	"	2	B	R
3	#	3	C	S
4	$	4	D	T
5	%	5	E	U
6	&	6	F	V
7	'	7	G	W
8	(	8	H	X
9	)	9	I	Y
A	*	:	J	Z
B	+	;	K	[
C	,	<	L	\
D	−	=	M	]
E	.	>	N	^
F	/	?	O	−

由 CASL 字符集可以看出字符的组成如下：

①数字字符 0～9 共 10 个。

②大写英文字母 A～Z 共 26 个。

③算术运算符、关系运算符、连接符及其他符号共 24 个。

全体字符合计共 60 个。

在 CASL 字符集中，列出了字符所对应的内码，所谓内码就是字符在计算机的代码。例如：

字母 A在计算机中的内码为 $41_H=1000001_2=65_{10}$

字母 B在计算机中的内码为 $42_H=1000010_2=66_{10}$

数字 0 在计算机中的内码为 $30_H=0110000_2=48_{10}$

数字 1 在计算机中的内码为 $31_H=0110001_2=49_{10}$

有了字符的内码，就可以在计算机中查询任何一个字符。借助内码我们还可以对字符信息进行筛选、变换等处理。

由字符集提供的内码可以看出，内码是一种 7 位码，它采用的是美国信息交换标准代码，即 ASCII(American Standard Code for Information Interchange)。

1.2.2 CASL 指令及结构

(1) CASL指令种类

CASL 中有 3 类指令，即基本指令、伪指令和宏指令。

①基本指令，是 CASL 汇编语言基本功能的体现，共 23 条。其中 21 条的写法有两种形式，一种形式为直接操作形式，另一种形式为间接操作形式。

②伪指令，是对汇编编译程序进行说明的指令，这种指令在编译中并不产生目标代码。伪指令共有 4 条，所谓伪指令，从字面上说是“假指令”，其含义为非基本指令。

③宏指令，是一条指令可以启动一个程序段的指令。宏指令共有 3 条，宏可以理解为“大”，由于输入、输出等操作涉及到的部件较多，用一条基本指令概括不了，所以使用一个程序段来描述，为了使用上的方便，设定一条指令来启动这个程序段，担任启动的指令即为宏指令。

(2) CASL 指令结构

CASL 的基本指令，每条指令由下列 4 部分组成：

CASL 指令结构			
①	②	③	④
[标号名]␣	操作码␣	操作数␣	;注释
QS	LD	GR1,DY	;(DY)→GR1

①、②、③是指令的主体，它们之间在书写上要留出一个以上的空格：␣。注释是使用者所附加的指令功能说明，以备阅读。表中所列出的“ QS LD GR1,DY ”是一条取数指令，它的功能是取内存单元 DY 中的内容，放在寄存器 GR1 中。

在汇编语言表述中,为了简捷、方便,通常使用方括号、圆括号来表达、描述某个事项,并给它们赋予特定的含义,例如:

[ ],方括号表示括号中的内容可以省略,也可以不省略,究竟是取是舍由使用者根据需要而定。

() ,圆括号表示其中的内容,如(DY)表示单元 DY 中的内容,(GR1)表示寄存器 GR1 中的内容,如果用两对括号,则表示"内容的内容"。例如,((GR1))表示 GR1 中内容的内容,同理((DY))表示 DY 单元中内容的内容。

①标号名,从形式上看,它很像高级语言中语句的行号,但它并不表示指令的顺序,也不要求每条指令都加上标号名。只当该指令被其他指令调用时,才需要加上标号名。标号名实际上是该指令的标号地址,它描写的是该指令所在的位置。未加标号名的指令在程序中只体现出先、后的顺序位置。标号名的命名规定是,以字母开头,其后为字母或数字,长度为 6 个字母、数字之内。标号名中不允许用字母、数字以外的符号。

②操作码,是 CASL 中规定的指令功能码,大都使用英文缩写,其目的是为了便于记忆。该功能码经汇编编译系统翻译后,在计算机中对应一条机器指令。例如 LD 是 LOAD 的缩写。

③操作数,从字面上讲,操作数往往被人们理解为"参加运算或操作的数据"。实际上,在汇编语言指令中,操作数这一项并不直接给出操作数本身,而是描述出操作数的来龙去脉,如与操作数有关的内存单元地址及存放操作数的寄存器等。例如在"LD GR,DY",指令中,操作数这一项所给出的是寄存器 GR1,作为操作数的临时寄存空间;DY 是内存单元地址,作为操作数的源发地。

④注释,它不属于指令的固有成分,注释是使用者附加的指令说明。按照 CASL 的规定,为指令加注释时,注释内容之前必须用分号";"用以与指令隔开。

下面再看几条指令书写的例子:

标号	操作码	操作数	注 释	功 能
[省]	LEA	GR1,6	;6→GR1	传送。将 6 传到寄存器 GR1。
[省]	ST	GR1,DY	;(GR1)→DY	存数。将 GR1 中的内容存于 DY 单元中。
[省]	ADD	GR1,DY	;(GR1)+(DY)→GR1	加法。GR1 中内容与单元 DY 中内容相加后送 GR1。

1.2.3 CASL 中的数

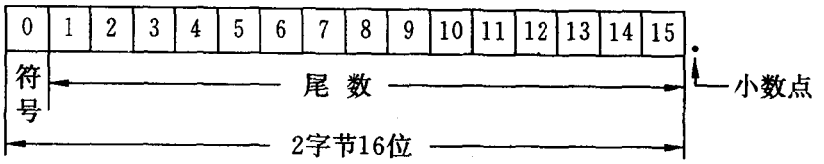
按照 CASL 的规定,在程序的指令中可以使用的数有 5 种,即有符号的十进制数、无符号的十进制数、十六进制数、字符常数和标号地址常数。

(1) 有符号的十进制数

在指令中直接写出十进制数,正数不加符号,负数加上符号,均为整数。

这种数在计算机中用二进制补码表示,一个数在 16 位的单元中,高位(第 0 位)为数

的符号,其他位(1～15 位) 为数的尾数，小数点隐含在尾数的最低位之后。形式为：



从数的形式可以得出,指令中的十进制数为整数,在计算机中为补码,故数的范围为 -2^{15}～$2^{15}-1$,即 −32768～32767 例如：

指令中的数为＋1,则在计算机中为 0000000000000001；

指令中的数为 −1,则在计算机中为 1111111111111111；如用十六进制表示计算机中的＋1,则为 0001_H 表示 −1,则为 $FFFF_H$。

同理，若在计算机中得到的数为 $FFFE_H$,则该数为十进制的 −2。“有符号的十进制数在计算机中为补码”在使用中要特别注意，这是汇编语言的一个难点。

(2) 无符号的十进制数

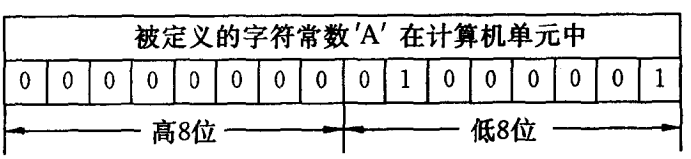
无符号数也称逻辑数，由于这种数在计算机 16 位的一个单元中全为数值，没有符号，所以数的最小值为 16 位全 0,即 0 最大值为 16 位全 1。因此数的表示范围为 0～65535，用十六进制表示数的范围为 0000_H～$FFFF_H$。在指令中使用这种无符号数时，注意不要越界。

(3) 十六进制数

在 CASL 汇编程序中可以使用十六进制数，使用形式为数的前面加上“＃”号,后跟 4 位十六进制数。例如＃0001，＃01AB，＃FFFF，＃1234 等都是符合要求的十六进制数。但是，这种十六进制数不能在基本指令中出现，只能定义在伪指令中。

(4) 字符常数

在 CASL 中的字符常数，其形式是由单引号将字符括起来而构成的。例如'A'，'ABC','1234','A1','B2'等都是符合规定的字符常数。字符常数只能在伪指令中定义，不能出现在基本指令中。被定义的字符常数在计算机中，一个字符占一个单元，每个单元的高 8 位为 0,低 8 位从最低位开始存储字符所对应的 7位 ASCII,形式如下：



由存储形式可以看出，常数'A'在计算机的一个单元中只占用了低 7 位存放字符所对应的 ASCII,其余位均为 0。

(5) 标号地址常数

标号地址常数，即标号名。它是以字母打头的字母、数字串。标号地址常数的用途为，一是作内存单元地址的代号，二是作指令的逻辑地址。标号常数只当汇编语言源程序转为目标程序时，它才对应实际的内存地址。

1.2.4 一个完整的 CASL 程序

一个完整的 CASL 程序大都包括基本指令、伪指令、宏指令。下面是实现 1+2=? 的 CASL 汇编源程序。

	计算 1+2=？ 的 CASL 程序			
	标号	操作码	操作数	注　　释
①	JJ12	START		;开始
②		LD	GR3,S1	;(S1)→GR3。
③		ADD	GR3,S2	;(GR3)+(S2)→GR3
④		ST	GR3,JG	;(GR3)→JG,
⑤		EXIT		;程序执行结束。
⑥	S1	DC	1	;定义十进制常数 1
⑦	S2	DC	2	;定义十进制常数 2
⑧	JG	DS	1	;定义存结果的内存单元
⑨		END		;结尾

程序中，②、③、④为基本指令，②LD 为取数指令，执行该指令可以取出 S1 所定义的常数 1 放于寄存器 GR3 中。③ ADD 为加法指令，执行该指令可将 GR3 中的当前内容 1 与 S2 中的内容 2 相加，结果又存在 GR3 中。④ST 为存数指令，执行该指令可将 GR3 中的相加结果存于内存单元 JG 中。⑤EXIT 为宏指令，执行该指令，程序执行终止。指令①、⑥、⑦、⑧、⑨为伪指令，⑥、⑦为定义常数指令，⑧为定义内存单元指令。由于⑥、⑦、⑧分别为②、③、④指令引用，所以在指令中加上了标号名。指令①为程序开头指令，其标号为程序名。指令⑨为程序结尾指令。每个程序必须有①、⑨指令，用以说明本程序的上、下界。

习　题　1

1. 解答 CASL 与硬件背景有关的问题。
   (1) 在 CASL 中使用的寄存器有哪几个？
   (2) 通用寄存器在 CASL 程序中的作用是什么？
   (3) 标志寄存器有什么功能？
   (4) 寄存器 GR0 与其他寄存器在使用上有什么不同？
   (5) 程序计数器如何跟踪程序的运行？
   (6) 栈指针用什么来描述？怎样描述数据进、出栈？
   (7) COMET 是一种什么样的计算机？
   (8) COMET 计算机内存有多大？内存的地址范围是多少？

(9) COMET 的内存字长是多少位？CASL 的一条指令和一个数据各占几个单元？

(10) 在 CASL 中怎样使用 COMET 的内存单元？

2. 解答 CASL 与软件环境有关的问题。

(1) CASL 的字符集包括哪些字符？字符的内码是什么？

(2) 根据 CASL 字符集，在计算机中已知字符 A，怎样查询字符 Z？

(3) 根据 CASL 字符集，在计算机中数字字符 6 的内码是什么？参照数字字符 6 的内码怎样变成数值 6？

(4) CASL 的指令有哪 3 类？

(5) 什么叫伪指令，它在 CASL 中的作用是什么？

(6) 什么叫宏指令，为什么在 CASL 中设置宏指令？

(7) 在 CASL 指令中，操作数的含义是什么？

(8) 方括号[ ]圆括号 () 在 CASL 的描述中的作用是什么？

(9) CASL 的标号名有什么作用？标号名的实质是什么？

(10) 标志寄存器的三种状态与 CASL 指令有何关系？

(11) 在 CASL 中可以使用的数有哪几种？其表现形式如何？

(12) 在计算机中 −1 与 65535 是一种什么关系？

第2章

伪指令、宏指令在程序中的作用

2.1 CASL 中的伪指令

在 CASL 中有 4条伪指令。所谓伪指令，从字面上说是“假”指令的意思。但从实际作用上说，伪指令是不产生目标代码的指令。大家知道，用汇编语言编写的程序称为源程序，源程序在计算机中必须经过汇编编译系统翻译后变为目标程序，才能被执行，如图 2.1所示。

图 2.1 源程序的运行

用 CASL 写出的源程序，在汇编编译过程中需要对源程序加上必要的说明，承担说明任务的指令由 CASL 中的伪指令来完成。此外，由源程序变为目标程序，并不是源程序的每条指令都产生对应的目标程序代码。其中伪指令就不需要，也没有必要产生目标代码，这也是定义为‘伪指令’的原因。

CASL 中 4条伪指令的形式如表 2.1 所示。

表 2.1 CASL 的伪指令

指令名称	指令形式		
(1) 源程序开头伪指令	[标号名]	START	[标号名]
(2) 源程序结尾伪指令		END	
(3) 定义常数伪指令	[标号名]	DC	常数
(4) 定义单元伪指令	[标号名]	DS	单元个数

注 [ ]表示可省项。

2.1.1 源程序开头伪指令

(1) 指令形式

标号	操作码	操作数
[标号名]	START	[执行开始标号]

(2) 指令功能

本指令设置在每一个源程序的开头，为汇编编译程序说明本源程序的开始位置。任何一个 CASL 源程序的第一条必须用此指令。

(3) 指令用法

第一种用法，指令中有两个标号，形式如下：

```
①   BH    START   KS
②   C1    DC   1
③   C2    DC   2
④   C3    DC   3
⑤   KS    LD   GR1, C1
          LD   GR2, C2
          LD   GR3, C3
          ⋮
```

指令①中有两个标号，标号 BH 是为其他程序调用本程序而加的标号；标号 KS 是为了指出本程序开始执行应该在第⑤条指令。这是因为指令① ～④都是非执行性指令，执行时可以跳过。如本程序不被其他程序调用，也可省去 BH。

第二种用法，指令中只有前面一个标号，形式如下：

```
①   BH    START
②         LD   GR1, C1
③         LD   GR2, C2
④         LD   GR3, C3
          ⋮
    C1    DC   1
    C2    DC   2
    C3    DC   3
          ⋮
```

本程序中的非执行性指令都在程序的后边，程序开始紧跟着执行性指令②、③ ④…，故在指令①中不需要加第二个标号。

第三种用法，指令中前、后均不加标号，形式如下：

```
START
LD   GR1, C1
```

```
        LD   GR2, C2
        LD   GR3, C3
          ⋮
C1      DC   1
C2      DC   2
C3      DC   3
```

2.1.2 源程序结尾伪指令

(1) 指令形式

标号	操作码	操作数
空	END	空

(2) 指令功能

本指令设置在每一个源程序的末尾，用以对汇编编译程序进行说明。任何一个CASL程序，其最后一条指令必为本指令。

(3) 指令用法

```
BH      START
        LD   GR1, C1
          ⋮
        END
```

2.1.3 定义常数伪指令

(1) 指令形式

标　号	操作码	操作数
[标号名]	DC	常数

(2) 指令功能

借助本指令可以定义程序中使用的各种常数。这些常数包括，有符号的十进制整常数、无符号的十进制整数、十六进制数、字符常数、地址常数等。

操作码 DC 是 Define Constant 的缩写。

(3) 指令用法

定义十进制数

```
①   CS1     DC     65
```

指令①所定义的 65，它在计算机中是一个 16 位长的二进制数，用十六进制表示为 41_H，而常数的标号地址为 CS1。CS1 相当于高级语言中的变量名，而该指令的功能很像高级语言中的赋值语句，即赋予 CS1 的值为 65。在运算中需要使用 65 时，则调用 CS1。

```
②   CS2     DC     -1
```

指令②所定义的 -1，它在计算机中是二进制的 16 位补码。它的左端最高位是数的符号，用十六进制表示为 $FFFF_H$。

定义十进制无符号数

```
③  CS3    DC    65535
```

指令③所定义的无符号数 65535，它在计算机中是 16 位的全 1，与有符号数 -1 是完全一样的，这一点要引起注意。

定义十六进制数

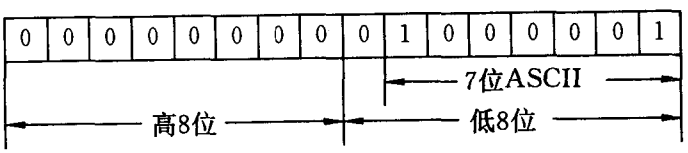
```
④  CS4    DC    #6543
```

指令④定义的数是左端加 # 号的一个四位数，这是 CASL 规定的十六进制表示形式。

定义字符常数

```
⑤  CS5    DC    'A'
```

指令⑤定义了一个字符常数，该字符常数的长度为 1 个字符。字符在计算中用字符所对应的 7 位 ASCII 来表示，形式如下：




```
⑥  CS6    DC    'ABC'
```

指令⑥定义了含有 3 个字符的字符串常数，在计算机中将自动分配三个连续的单元依次存放'A'、'B'、'C'的 7 位 ASCII，形式如下：

字符常数	十六进制 ASCII	标号地址	计算机中的 ASCII
'A'	41_H	CS6+0	0000000001000001
'B'	42_H	CS6+1	0000000001000010
'C'	43_H	CS6+2	0000000001000011

定义地址常数

```
⑦  CS7    DC    CS
```

指令⑦定义了一个标号为 CS 的地址常数。假定 CS 定义的数为十进制的 32767，CS 的实际地址为 1000，而 CS7 的实际地址为 FFFF，则关系如下：

所定义的伪指令	单元地址	单元内容
CS DC 32767	1000	$7FFF_H$
⋮	⋮	⋮
CS7 DC CS	FFFF	1000

2.1.4 定义单元伪指令

(1) 指令形式

标　号	操作码	操作数
[标号名]	DS	单元个数

(2) 指令功能

借助本指令可以定义程序中使用的工作单元，用一条指令可以定义一个单元，也可以定义多个单元，由十进制整数给出定义的单元个数。当用一条指令定义多个单元时，计算机中将多个单元连续分配。因此，定义多个单元也只需给出第一个单元的标号名即可。当单元个数设定为 0 时，计算机将不予分配单元。DS 是 Define Storage 的缩写。

(3)指令用法

一条指令定义一个单元

```
①  DY    DS  1
```

该单元的标号地址为 DY，它与高级语言中的变量名很相似。

一条指令定义多个单元

```
②  WK    DS  3
```

该指令定义了 3 个单元，WK 是第一个单元的标号地址，它很像高级语言中的数组元素名。3 个单元的关系如下：

地址	单　元
WK	第 1 个单元
WK+1	第 2 个单元
WK+2	第 3 个单元

多条指令定义多个单元

```
③  WK1   DS  2
④  WK2   DS  0
⑤  WK3   DS  3
```

指令③、④、⑤分别定义了 2、0、3 个单元，由于指令④定义的单元个数为 0 个，所以将不分配单元。3 条指令的单元分配如下：

地址	单元	
WK1		指令③分配 2 个单元。
WK3		指令④不分配，继而为指令⑤
		分配 3 个单元。

2.2 CASL 中的宏指令

在 CASL 中有 3 条宏指令。所谓宏指令，从字面说就是大指令。宏指令的实际含义是为了实现某种操作目的，把若干条指令集成为一条指令，这样形成的指令称为宏指令。每条宏指令在计算机中被汇编编译时又会展开成若干指令而执行。

CASL 中的 3 条宏指令形式如表 2.2 所示。

表 2.2 CASL 中的 3 条宏指令及其形式

指令名称	指令形式		
(1) 输入宏指令	[标号名]	IN	标号 1,标号 2
(2) 输出宏指令	[标号名]	OUT	标号 1,标号 2
(3) 终止程序执行宏指令	[标号名]	EXIT	

2.2.1 输入宏指令

(1) 指令形式

标号	操作码	操作数
[标号名]	IN	标号 1,标号 2

(2) 指令功能

使用本指令可将由输入设备输入的字符数据存放在指定的输入缓冲区（缓冲区大小为 80 个字符）中。输入的字符数据为不超过 80 个字符的一个记录。输入缓冲区由标号 1 指定，输入字符个数由标号 2 设置,且标号 1、标号 2 均需伪指令来定义。标号名表示本指令在程序中的位置，可根据需要取舍。IN 是 INPUT 的缩写。

(3) 指令用法

定义输入 80 个字符的输入宏指令

```
①   SR    IN    HT, GS
          ⋮
②   HT    DS    80
③   GS    DS    1
          ⋮
```

指令①中的 SR 为输入宏指令的标号地址，该指令所定义的输入指令的环境由标号 HT 和 GS两条伪指令给予说明。HT 为输入缓冲区的首地址,GS 是记录输入个数的单元地址，内存分配如下：

缓冲区地址	字符单元
HT+0	80 个
HT+1	字
HT+2	符
HT+3	的·
HT+4	缓
…	冲
HT+79	区
GS	字符个数单元

定义输入'ABC' 3 个字符的输入宏指令

```
④        IN      DATA1,DATA2
         ⋮
⑤  DATA1 DS      3
⑥  DATA2 DS      1
         ⋮
```

指令④所定义的输入宏指令省略了指令标号，DATA1 是输入缓冲区首地址，DATA2 是存放输入字符个数的单元标号地址。内存分配如下：

缓冲区地址	字符单元	
DATA1+0	0041_H	'A'
DATA1+1	0042_H	'B'
DATA1+2	0043_H	'C'
⋮	以前	
DATA1+79	内容	
DATA2	0003_H	

由于只有 3个字符存入了输入缓冲区，所以字符'A'、'B'、'C'只占用了缓冲区的前 3 个单元，并存入了相应的 ASCII。其余的 77 个缓冲区单元仍然保留着以前的内容。而存放输入字符个数的单元 DATA2 ,则始终排在缓冲区 80 个单元之后。

2.2.2 输出宏指令

(1) 指令形式

标号	操作码	操作数
[标号名]	OUT	标号 1,标号 2

(2) 指令功能

使用本指令可以把输出缓冲区中的一个单元存放一个字符代码的字符代码还原成字符,并输出在显示器或打印机上,一次最多输出 80 个字符。标号 1 为输出缓冲区的首地

址,标号 2 为输出字符个数的单元标号地址。标号 1 和标号 2 都需要由伪指令定义。OUT 是 OUTPUT 的缩写。指令的标号名表示本指令在程序中的位置，根据需要决定取舍。

(3) 指令用法

定义输出 'ABC' 3个字符的输出宏指令：

```
①   SC      OUT     D1, D2
            ⋮
②   D1      DC      'ABC'
③   D2      DC      3
            ⋮
```

指令①中的 SC 为输出宏指令的标号地址，该指令所定义的输出环境是由 D1、D2 为标号的两条伪指令给出。D1 为输出缓冲区的首地址，D2 为记录输出个数的单元地址。定义、执行本指令时，其结果如下：

输入地址	输出单元	显示结果
D1+0	0041_H	ABC
D1+1	0042_H	
D1+2	0043_H	
D2	0003_H	

由于指令①是输出已知的字符常数，所以 D1、D2 均用 DC 指令。

定义输出缓冲区全部字符的输出宏指令：

```
④   OUT     HCQ, ZFS
            ⋮
⑤   HCQ     DS    80
⑥   ZFS     DS    1
            ⋮
```

2.2.3 终止程序执行宏指令

(1) 指令形式

标号	操作码	操作数
[标号名]	EXIT	空白

(2)指令功能

本指令设置在程序的逻辑结尾。执行本指令，终止程序的执行，并将执行权交给操作系统。指令中的标号名根据需要取舍，EXIT 为指令功能定义符。

(3)指令用法

将输入的字符原原本本输出后程序停止：