

第十六章 编译程序生成方法和工具

- 编译程序的书写语言
- 自编译性
- 自展
- 编译程序的移植
- 编译程序的自动生成

16.1 编译程序的书写语言

- 机器语言或汇编语言

主要优点：编出来的程序效率高。

主要缺点：编程效率低，可读性差，不便于修改和移植。

- 高级程序设计语言已基本取代汇编语言

优点：编程效率高，可读性好，利于移植。

缺点：编译程序运行效率较低。

自编译性

自编译性：如果一个高级语言能用来书写自己的编译程序，则该语言具有自编译性，并称该语言为自编译语言。

两点说明：

1. 通常用自编译语言除可编写本语言的编译程序以外，也可用来编写别的语言的编译程序。

∴如果某台机器上已配备有某种自编译语言，则可利用这种语言为本台机器配置其它的高级语言。

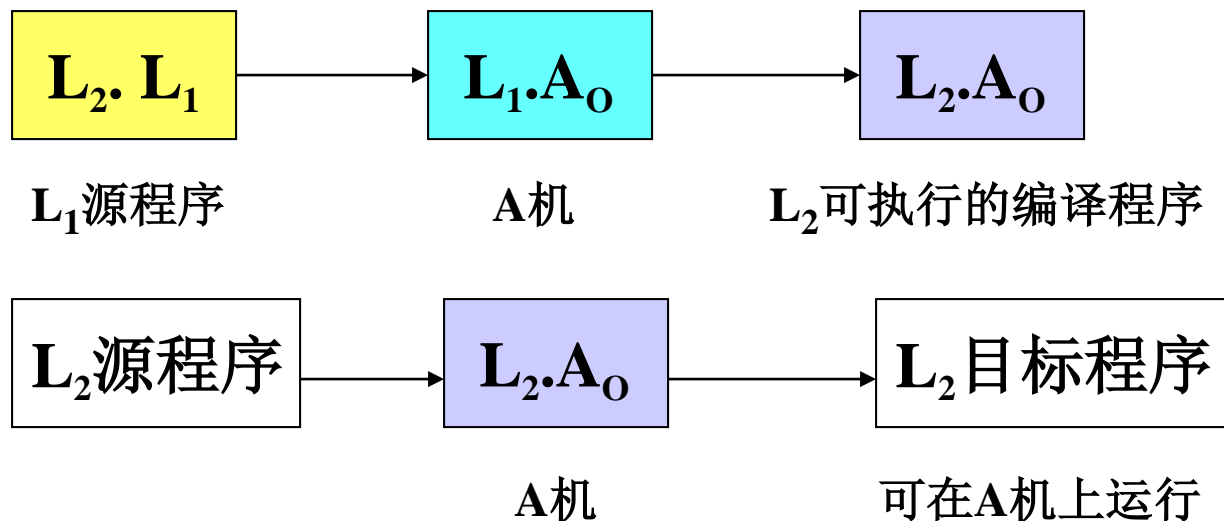
例：A机上有自编译语言 L_1 的编译程序

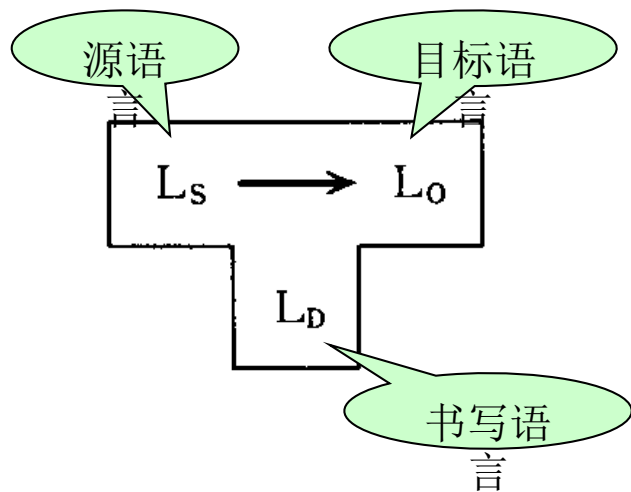
$L_1 \cdot A_0$

L_1 ——语言 L_1 的编译程序

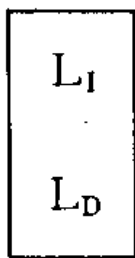
A_0 ——以A机的机器指令形式给出

利用语言 L_1 可为A机生成语言 L_2 的编译程序





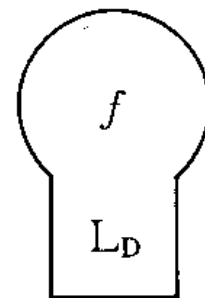
(a) 编译程序



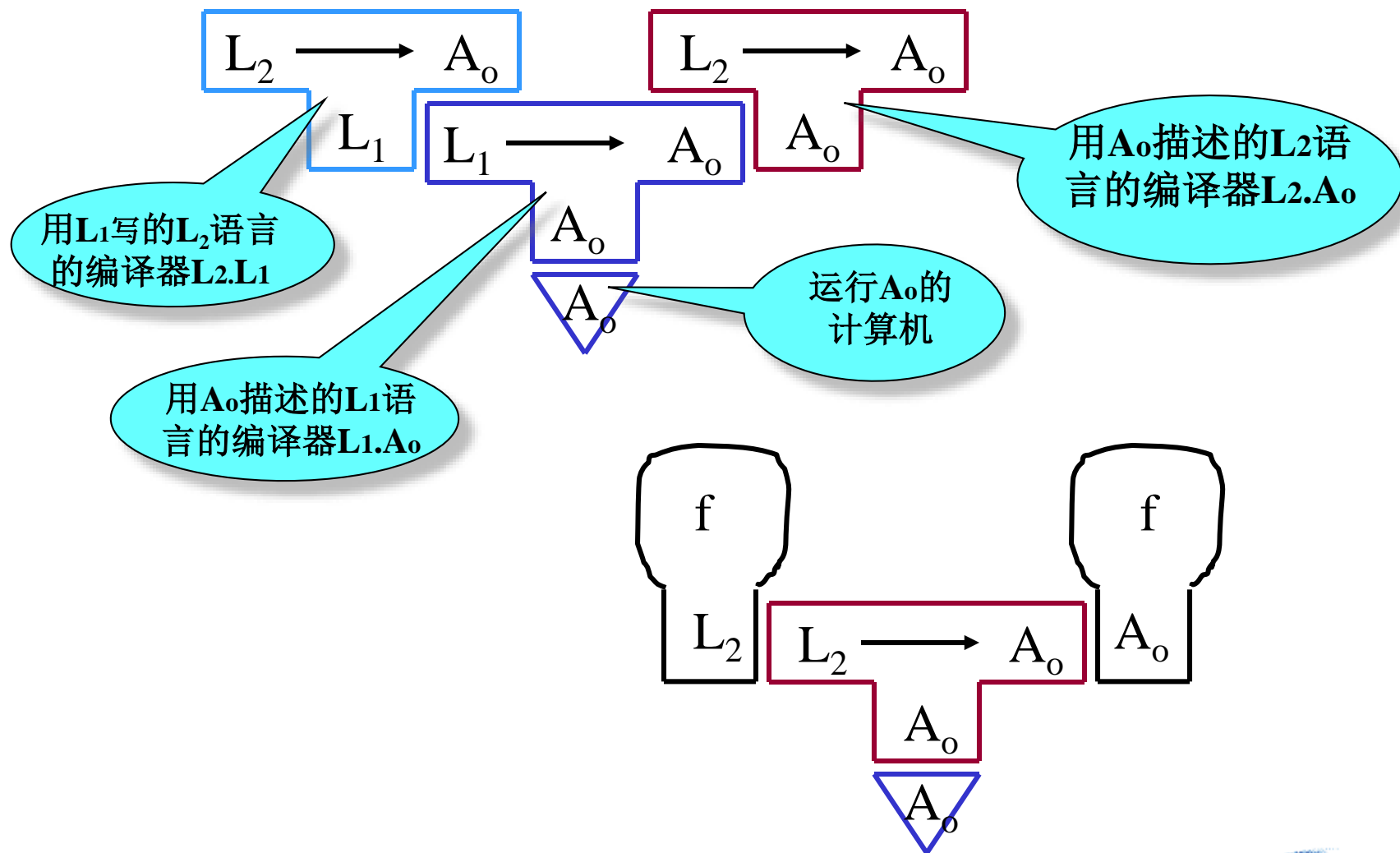
(b) 解释程序



(c) 计算机



(d) 程序



2. 自编译性不是绝对的，只是强弱不同

数据类型丰富的语言
控制结构丰富的语言 } 自编译性强

数据类型：除一般的外还有字符串类型，数组，结构，枚举，指针等类型。

控制结构：应适于进行多分支的程序设计，如有CASE语句等

FORTRAN, ALGOL——自编译性差

PASCAL, C, ADA, C++, JAVA——自编译性强

实践示例：用PASCAL语言编写一个简单的编译程序，就是利用PASCAL的自编译性。

16.2 自展

利用高级语言的自编译性，还可以通过自展方式生成语言的编译程序。

设L为自编译语言，自展生成

L. A₀（A机目标形式的语言L的编译器，可在A机上运行）

步骤：1.首先，将语言划分为N个部分：

$$L = L_1 + L_2 + \dots + L_n$$

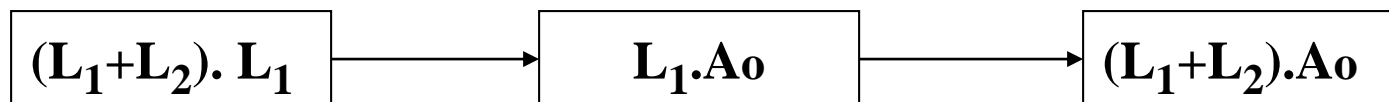
L_1 —— 核心部分

$L_2 \sim L_n$ —— 扩充部分

2.先用A机上的汇编编写 L_1 的编译程序, $L_1.Aa$

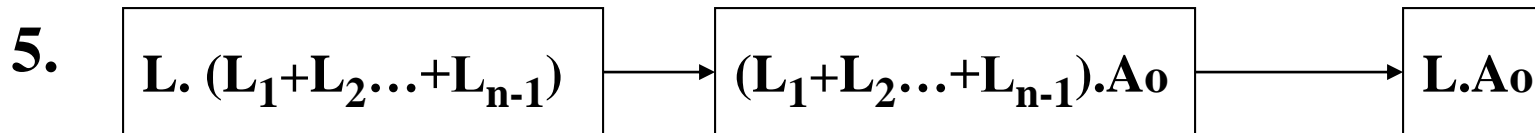
$L_1.Aa \rightarrow \text{Assembler} \rightarrow L_1.Ao$

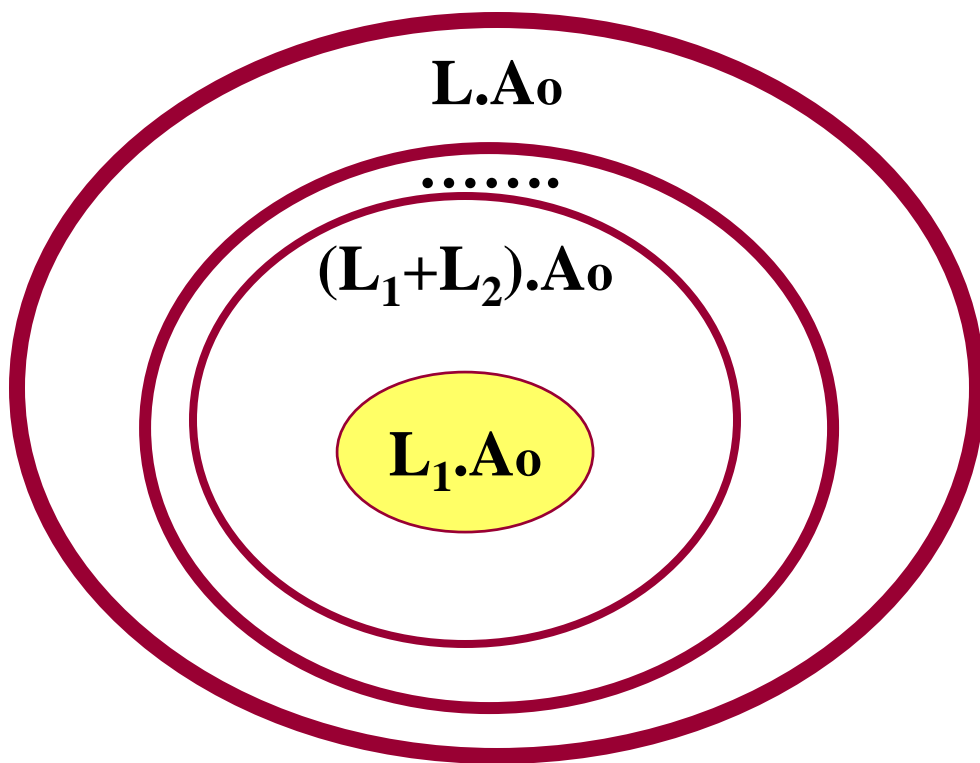
3.用 L_1 编写 L_1+L_2 的编译程序



4.用 (L_1+L_2) 编写 $L_1+L_2+L_3$ 的编译程序

...





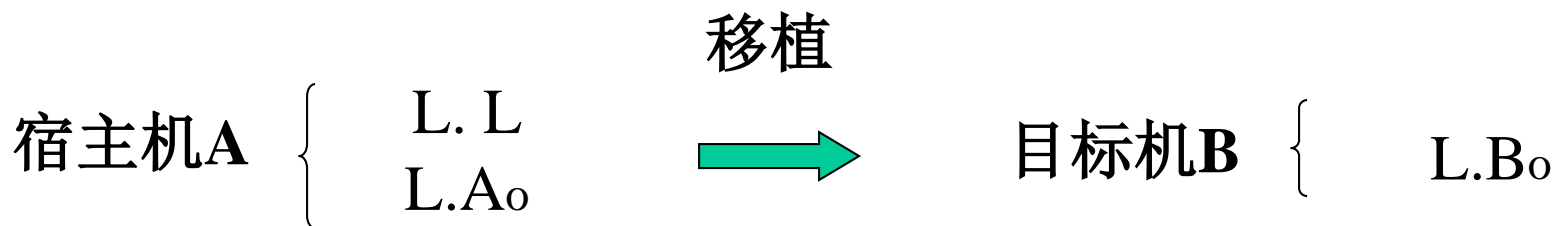
滚雪球式

用自展方式进行编译，可提高生产率。因核心语言小，可用汇编实现。其余部分高级语言编写。比全用低级语言效率高。

12.3 编译程序的移植

移植：将某台机上的成熟软件移植到另一台机器上，也就是将宿主机上的软件移植到目标机上。

具有自编译性的高级语言来书写程序，则移植是方便的。



通过移植，在B机上可得到语言L的编译程序，具B机目标形式，可在B机上运行。

移植步骤:

1. 将L.L分为两部分:

一部分与机器无关 F.L 一部分与机器有关 A.L

$$\therefore L.L = F.L + A.L$$

2. 根据目标机用语言L改写与具体机器有关的部分:

$$A.L \xrightarrow{L} B.L$$

产生A机代码

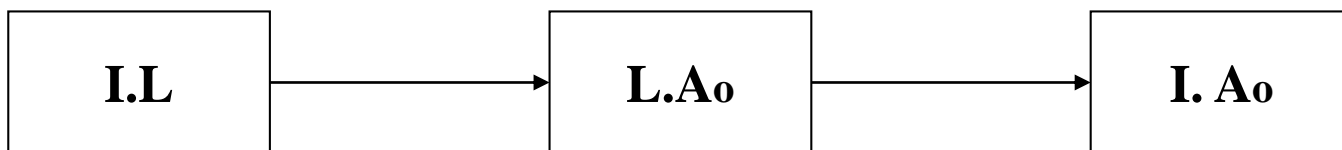
产生B机代码

$$\therefore \text{交叉编译器: } I.L = F.L + B.L$$

用A机上的L语言所写的能生成B机目标代码的语言L的编译程序。

3. 第一次编译

将I.L在宿主机A上用L的编译程序进行编译，生成能在宿主机A上运行的语言L的交叉编译器，它能生成目标机B的代码。

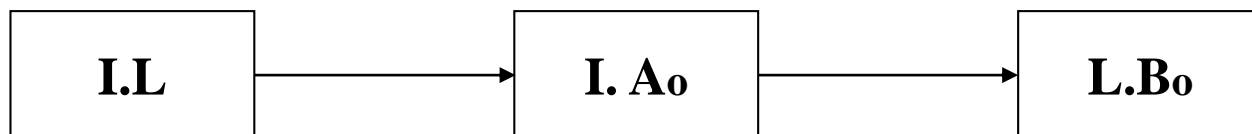


用L所写的生成目标机B代码的L语言交叉编译器源程序

宿主机A的L编译程序

语言L的交叉编译器，能在宿主机A上运行，生成目标机B的代码

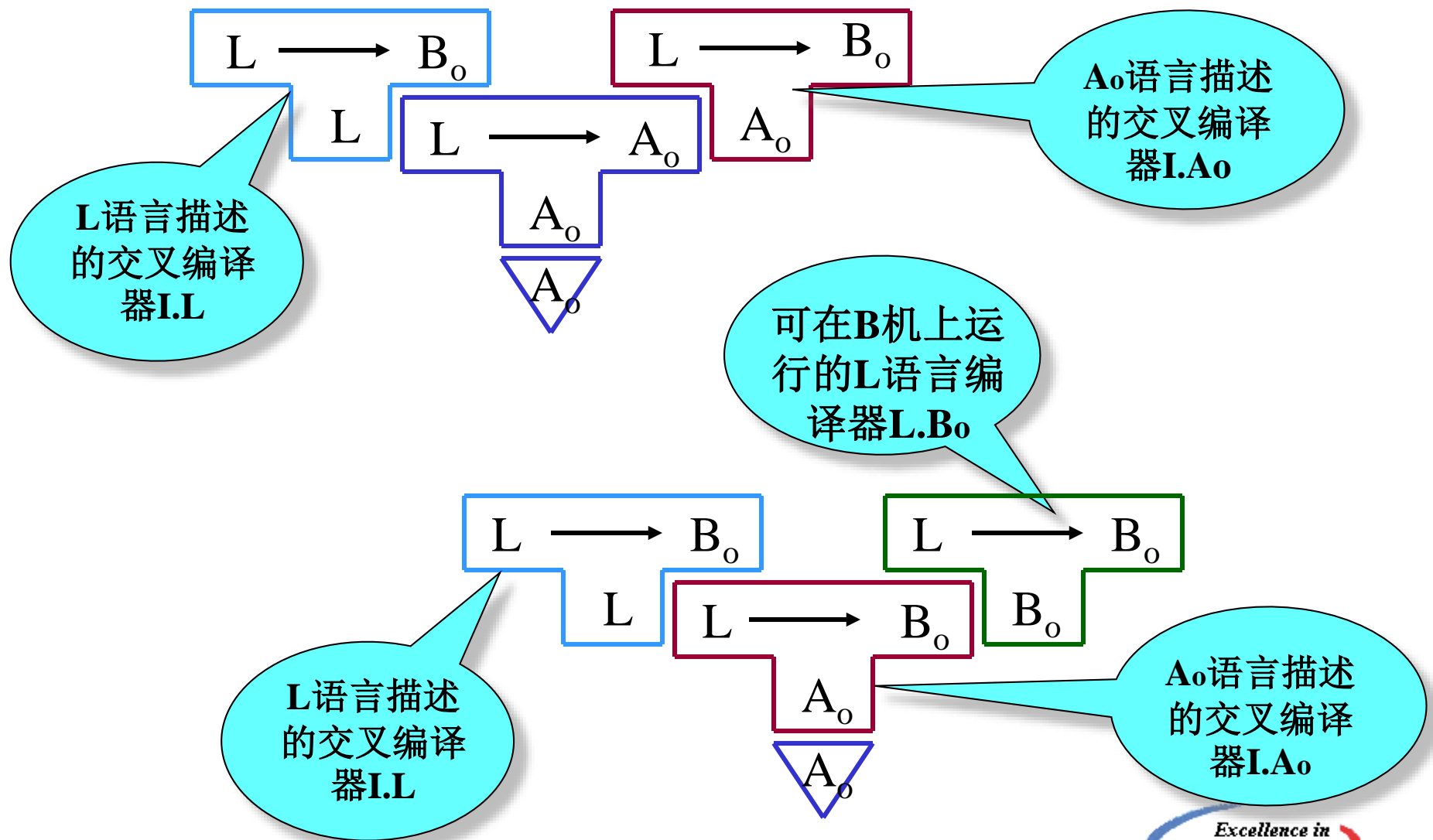
4. 第二次编译（交叉编译）



A机

交叉编译程序：在宿主机A上运行，
但所生成的目标只能在目标机B
（另一台机器）上运行。

可在目标机B
上运行并生
成目标机B代
码的L编译
程序



可以设想，只要在某台机器上为某目标机配置一个L语言的交叉编译程序，就能将宿主机上的L语言所写的所有软件移植到其他目标机上。

采用软件移植的办法来开发软件，可提高软件生产率，并提高软件的可靠性。由于上述优点，所以软件的可移植性是软件开发所追求的目标之一。

目前有许多编译程序都考虑到可移植性的要求。

例如有：可移植的PASCAL编译程序。

P.J.Brown , Software Portablility.

朱关铭等译，1982.12

16.4 编译程序的自动生成

理想的编译程序自动生成工具：

L语言规格说明

L语义描述和机器规格说明

编译程序
生成工具

L源程序

该语言（L）
的编译程序

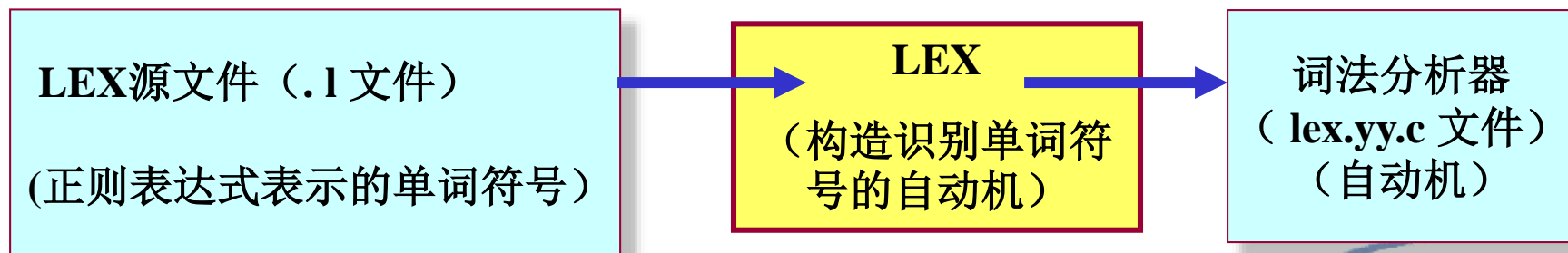
目标代码

目前还没有一个系统能自动生成整个编译系统。

早期的工作集中在分析部分，即针对语法规则的形式化描述。对编译程序后端，即与目标机有关的代码生成与代码优化部分，由于对语义和目标机进行形式化描述方面所存在的困难，最近有所突破，但未见到流行的产品。（样机——未形成真正产品）

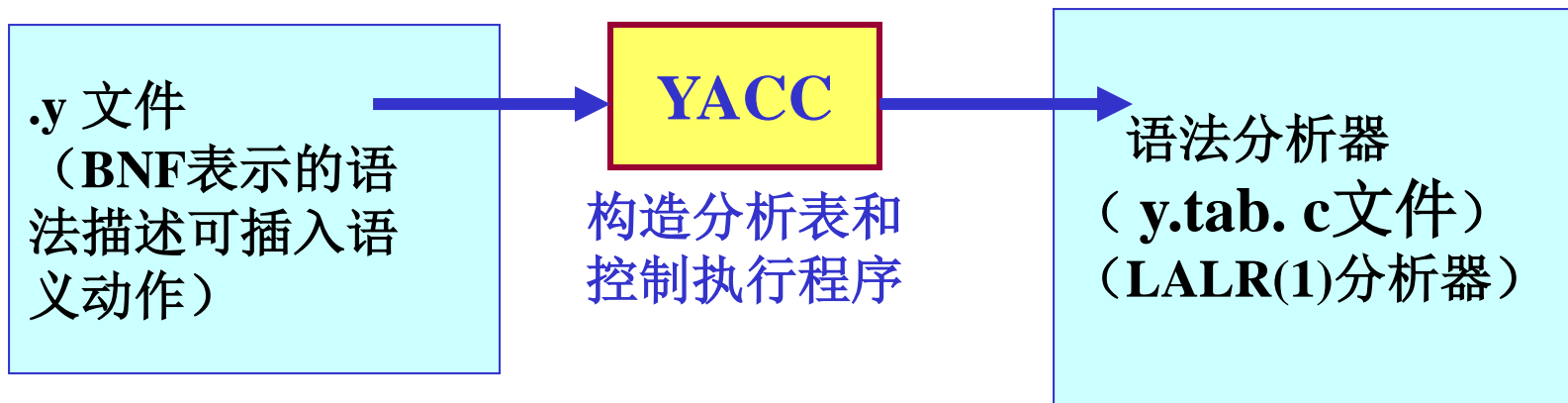
- 有词法分析器的自动生成器和语法分析器的自动生成器。

词法分析器生成器（在第十一章已作介绍） **LEX:**



语法分析器生成器:

YACC (YET ANOTHER COMPILER - COMPILER)



Bison: 美国GNU开发的语法分析器生成器)和YACC一样都在
UNIX系统下运行。(已有PC版)

用yacc建立翻译程序

yacc源程序: **translate.y**

1. 键入命令:

```
yacc translate.y
```

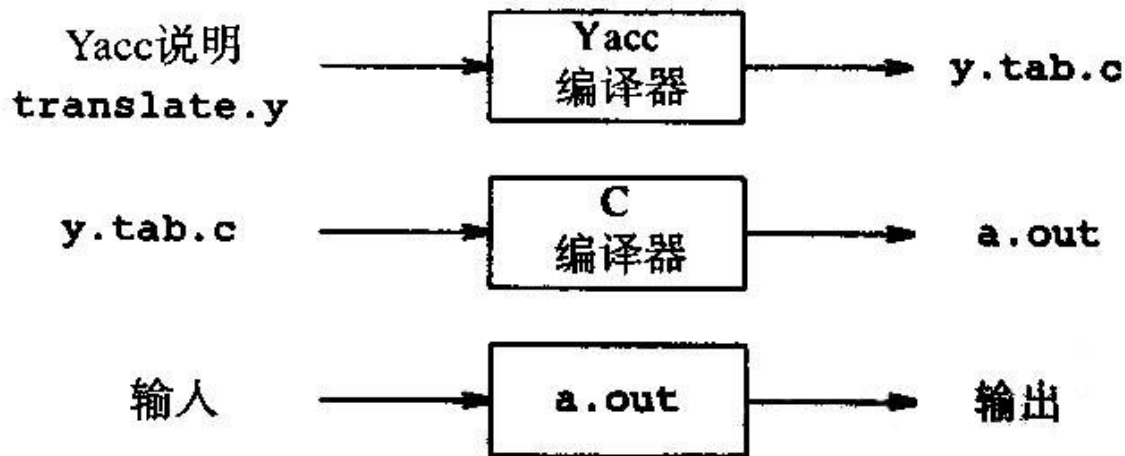
2. 生成进行LALR分析的翻译程序: **y.tab.c**

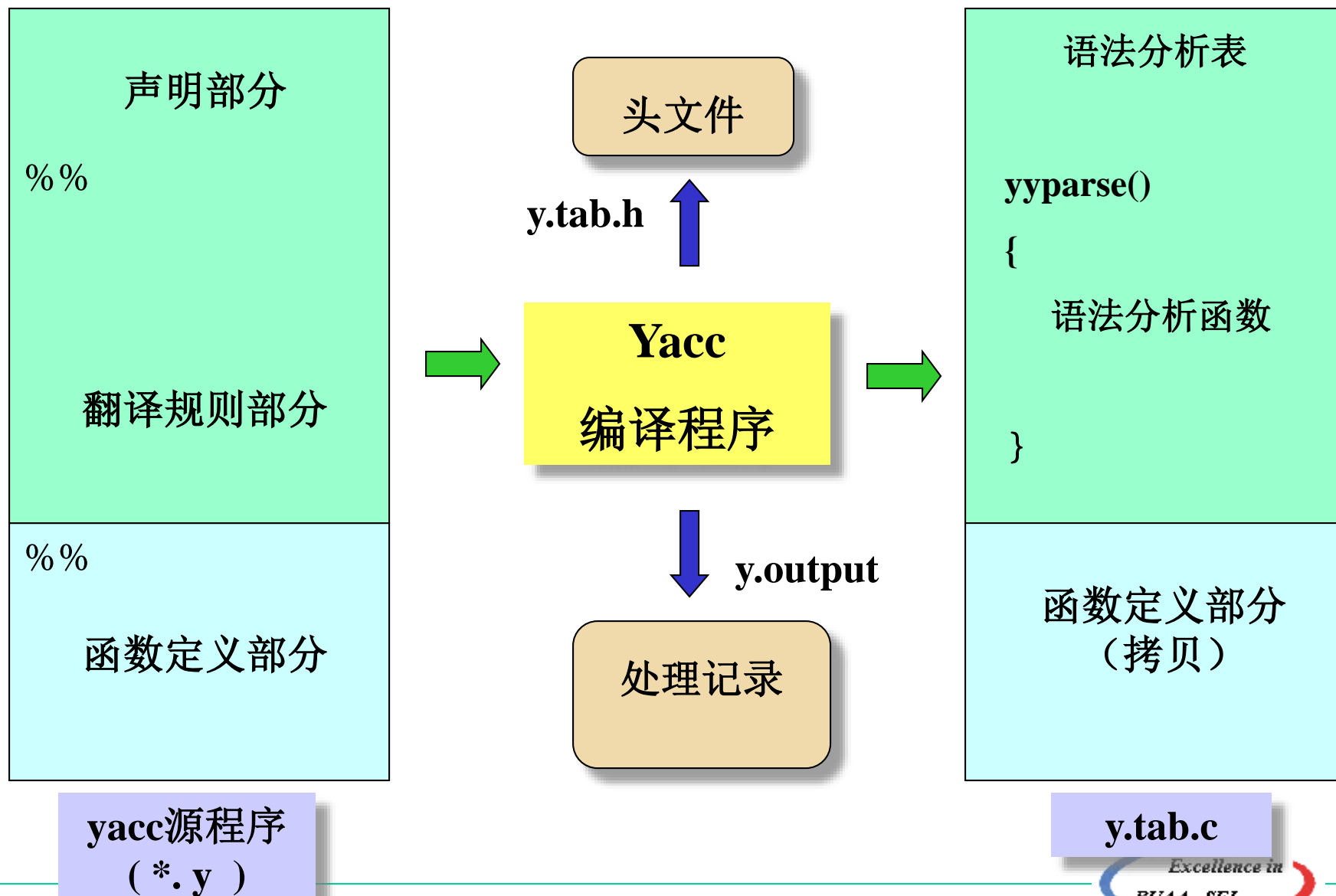
3. 对生成的分析器进行编译:

```
cc y.tab.c -ly
```

(ly为使用LR分析器的库)

生成可执行的 翻译程序 **a.out**





```
1.  /* 表达式计算 */
2.  % token NUM
3.  %%
4.  line : expr '\n'      { printf ('\n', $1); }
5.      ;
6.  expr : expr '+' term   { $$ = $1 + $3; }
7.      | expr '-' term   { $$ = $1 - $3; }
8.      | term             /* $$ = $1 */
9.      ;
10. term : term '*' factor { $$ = $1 * $3; }
11.     | term '/' factor  { $$ = $1 / $3; }
12.     | factor           /* $$ = $1 */
13.     ;
14. factor: '(' expr ')'   { $$ = $2; }
15.     | NUM              /* $$ = $1 */
16.     ;
```

```
%%
#include <ctype.h>
yylex()
{
    int c;
    while (( c = getchar() ) == ' ');
    if ( isdigit ( c ) ) {
        yylval = c - '0';
        while ( isdigit( c = getchar ( ) ) )
            yylval = yylval*10 + ( c-'0' );
        ungetc ( c, stdin );
        return NUM;    }
    else return c;
}
```

简单台式计算器的yacc源程序

简单台式计算器语法:

$E \rightarrow E + T \mid T$

$T \rightarrow T * F \mid F$

$F \rightarrow (E) \mid \text{digit}$

digit为 0 – 9 的单个数字

yylex()为词法分析程序, 它返回单词(类)和单词值

在本例中, 单词为 **DIGIT**,
单词值存入特定的变量

yyval中。

```
%{
#include <ctype.h>
%}

%token DIGIT

%%
line      :  expr '\n'          { printf("%d\n", $1); }
          :
expr      :  expr '+' term      { $$ = $1 + $3; }
          :  term
          :
term       :  term '*' factor   { $$ = $1 * $3; }
          :  factor
          :
factor     :  '(' expr ')'      { $$ = $2; }
          :  DIGIT
          :

%%
yylex() {
    int c;
    c = getchar();
    if (isdigit(c)) {
        yylval = c - '0';
        return DIGIT;
    }
    return c;
}
```

语义动作中\$\$ 表示规则左部非终结符的值, \$i表示规则右部第i个符号的值

改进的台式计算器yacc源程序

yacc 缺省的解决冲突策略:

归约—归约冲突, 按先出现的规则归约

移进—归约冲突, 则移进优先

还可以在yacc源文件中指定终结符的优先级和结合律。这时, 当需在移进符号 a 和按规则 $A \rightarrow \beta$ 进行归约之间进行选择时, 若该规则的优先级高于 a 或优先级相同但规则是左结合时, 就进行归约, 否则就选择移进。

规则 (产生式) 的优先级与它最右边的终结符优先级相同

```
%{
#include <ctype.h>
#include <stdio.h>
#define YYSTYPE double /* double type for Yacc stack */
}%

%token NUMBER
%left '+' '-'
%left '*' '/'
%right UMINUS

%%
lines      : lines expr '\n' { printf("%g\n", $2); }
           | lines '\n'
           /*  $\epsilon$  */
           ;
expr       : expr '+' expr { $$ = $1 + $3; }
           | expr '-' expr { $$ = $1 - $3; }
           | expr '*' expr { $$ = $1 * $3; }
           | expr '/' expr { $$ = $1 / $3; }
           | '(' expr ')' { $$ = $2; }
           | '-' expr %prec UMINUS { $$ = - $2; }
           | NUMBER
           ;

%%
yylex() {
    int c;
    while ( ( c = getchar() ) == ' ' );
    if ( ( c == '.' ) || ( isdigit(c) ) ) {
        ungetc(c, stdin);
        scanf("%lf", &yylval);
        return NUMBER;
    }
    return c;
}
```


用lex建立yacc的词法分析器

lex源程序lexical.l:

```
number      [0-9]+\.[0-9]*|[0-9]*\.[0-9]+
%%
[ ]         { /* 跳过空格 */ }
{number}    { sscanf(yytext, "%lf", &yyval);
              return NUMBER; }
\n|.       { return yytext[0]; }
```

Yacc源程序第 3 部分的例程yylex()语句应由语句 `#include "lex.yy.c"` 替代，并键入如下命令生成台式计算器程序 a.out:

```
lex lexical.l
```

```
yacc translate.y
```

```
cc y.tab.c -ly -ll
```

Yacc 使用出错产生式

A \rightarrow . error α 进行错误恢复

A为主要非终结符

error为yacc的保留字

α 为符号串

yyerrok是将语法分析器恢复为正常操作模式的yacc例程

```
%{
#include <ctype.h>
#include <stdio.h>
#define YYSTYPE double
%}

%token NUMBER
%left '+' '-'
%left '*' '/'
%right UMINUS

%%
lines : lines expr '\n' { printf("%g\n", $2); }
      | lines '\n'
      | /* empty */
      | error '\n' { yyerror ( "重新输入上一行 ; " )
                    yyerrok; }
;

expr : expr '+' expr { $$ = $1 + $3; }
     | expr '-' expr { $$ = $1 - $3; }
     | expr '*' expr { $$ = $1 * $3; }
     | expr '/' expr { $$ = $1 / $3; }
     | '(' expr ')' { $$ = $2; }
     | '-' expr %prec UMINUS { $$ = - $2; }
     | NUMBER
;

%%
#include "lex.yy.c"
```