Unix: narzędzia do tworzenia programów

Witold Paluszyński
witold.paluszynski@pwr.edu.pl
http://kcir.pwr.edu.pl/~witold/

Niniejszy dokument zawiera materiały do wykładu na temat narzędzi do tworzenia oprogramowania w systemie Unix. Jest on udostępniony pod warunkiem wykorzystania wyłącznie do własnych, prywatnych potrzeb i może być kopiowany wyłącznie w całości, razem z niniejszą stroną tytułową.

Autoconf — motywacja

- wiele wersji Unixa, zasadniczo podobnych, ale z czasem coraz więcej różnic; z punktu widzenia programisty były drobne różnice w zestawie systemowych plików nagłówkowych i funkcji systemowych, oraz drobne ale istotne różnice w działaniu niektórych podsystemów, np. drivera terminala i job control

  ⇒ powodowało to trudności w kompilacji jednego pakietu źródłowego na różnych systemach

- standard POSIX miał te różnice wyeliminować, ale został przyjęty w różnym stopniu w różnych systemach, a także wprowadził nowe funkcje i mechanizmy, wiec różnice nie znikły a wręcz się pogłębiły

  ⇒ w efekcie napisanie programu z odpowiednią liczbą wariantów, aby uwzględnić różnice między różnymi systemami i ich wersjami było możliwe, używając mechanizmu `#ifdef`, lecz było nadzwyczaj skomplikowane

---

Autoconf — koncepcja działania

- zaczęto stosować narzędzia programowe do rozwiązania tego problemu; ich celem było automatyczne wygenerowanie przeprowadzały one badanie i próby docelowego systemu budując odpowiedni plik Makefile do kompilacji pakietu źródłowego

  do tego używa się skryptu shellowego "configure" uruchamianego przez użytkownika przy kompilacji programu; można taki skrypt wygenerować automatycznie narzędziem autoconf; nieco inne podejście prezentuje imake, który jest programem binarnym generującym plik Makefile z wzorców

- obecnie narzędziem uniwersalnie stosowanym w procesie tworzenia i konfiguracji takich przenośnych pakietów jest autoconf:
  - autoconf tworzy skrypt configure, który dostosowuje pliki Makefile, nagłówkowe pliki konfiguracyjne, i inne wymagane pliki (z dostarczonych wzorców), do wymagań konkretnej platformy systemowej
  - automake tworzy wzorce Makefile ze specyfikacji wyższego rzędu Makefile.am

---

Model GNU dystrybucji i instalacji oprogramowania

rozpakowanie dystrybucji źródłowej pakietu:

```
% gunzip app1-1.0.tar.gz
% tar xf app1-1.0.tar
```

pliki dodatkowej dokumentacji: NEWS, README, AUTHORS, ChangeLog

konfiguracja i kompilacja:

```
% cd app1-1.0
% ./configure
% make
% make check
% ./app1
% make clean

# make install
# make uninstall
```

Przygotowanie danych wejściowych automake i autoconf

Makefile.am jest plikiem wejściowym dla automake'a i określa specyfikację projektu, z czego sie składa i co ma być gdzie zainstalowane:

```
bin_PROGRAMS = app1
app1_SOURCES = app1.c
```

Treść pliku określa, że będzie program 'app1' do zainstalowania w kartotece bin, i że jedynym plikiem źródłowym tego programu jest plik app1.c

configure.ac jest plikiem wejściowym autoconf'a i służy do wyprodukowania skryptu configure:

```
AC_INIT(app1.c)
AM_INIT_AUTOMAKE(app1,1.0)
AC_PROG_CC
AC_PROG_INSTALL
AC_OUTPUT(Makefile)
```

Ten plik dokonuje niezbędnej inicjalizacji autoconf'a i automake'a, konfiguruje użycie kompilatora C i programu instalacji oprogramowania, oraz określa, że należy wyprodukować plik Makefile (na podstawie pliku Makefile.in wygenerowanego przez automake z Makefile.am)

Przygotowanie dystrybucji oprogramowania

wygenerowanie niezbędnych plików:

```
% aclocal             # tworzy aclocal.m4
% autoconf            # tworzy skrypt configure z configure.ac i aclocal.m4
% touch NEWS README AUTHORS ChangeLog
% automake -a         # tworzy Makefile.in z Makefile.am
```

ewentualnie próba kompilacji:

```
% configure           # tworzy Makefile
% make                # kompiluje
```

przygotowanie pakietu do rozprowadzania:

```
% make dist           # tworzy dystrybucje app1-1.0.tar.gz
% make distcheck      # to samo, plus sprawdza
```

automatyzacja powyższego procesu po wprowadzeniu zmian: autoreconf (regeneracja nieinteligentna), lub *maintainer mode*

Autoconf — zasady ogólne

- generowany plik *configure* powinien określić środowisko systemowe, w którym kompilowany jest program, i wygenerować odpowiednie definicje i opcje kompilacji
- techniczne elementy wywołania makr autoconf'a można znaleźć w instrukcji i nie stanowi to problemu:
  - autoconf definiuje makra sprawdzające dla typowych elementów, i instrukcja określa co daje wywołanie odpowiedniego makra
  - w przypadku braku gotowego testu na element, jakiego potrzebujemy można użyć testu bardziej ogólnego (np. na obecność pliku, gdy nie ma testu na obecność danego programu)
  - w ostateczności należy samemu napisać testujący fragment kodu w języku Bourne shella
- istotną i kluczową kwestią jest co należy sprawdzać:
  jedno możliwe podejście polega na inkrementalnej budowie pliku *configure.ac* i testowaniu wyników na wszystkich docelowych platformach systemowych
- opłaca się trzymanie się zasady maksymalnej przenośności, wyłączając być może systemy rzeczywiście archaiczne

---

- dobrym źródłem wiedzy na temat co jest dostępne i jak działa na różnych systemach, oraz jakie spotyka się na nich błędy i dziwactwa, jest dokumentacja autoconf'a

---

Autoconf — przygotowanie *configure.ac*

typowa kolejność operacji w *configure.ac*:

1. inicjalizacja: typowe wywołania makr: `AC_INIT`, `AM_INIT_AUTOMAKE`, `AC_CONFIG_HEADER`, `AC_REVISION`
2. opcje: wywołania makr, które konfigurują opcje komend
3. programy: sprawdzenie obecności programów niezbędnych w samym skrypcie *configure*, procesie kompilacji, albo potrzebnych dla pracy aplikacji
4. biblioteki: sprawdzenie obecności niezbędnych bibliotek, przez próbę linkowania z nimi
5. pliki nagłówkowe: również przez kompilację i linkowanie programów
6. struktury i `typedef`: korzystają ze znalezionych plików nagłówkowych
7. funkcje: sprawdzenie obecności funkcji typowo wymaga elementów wcześniej zlokalizowanych
8. generacja wyników: `AC_OUTPUT`

Autoconf — sprawdzanie programów

dobrą zasadą jest korzystanie wyłącznie z programów najbardziej rozpowszechnionych i tylko ze wspólnego podzbioru ich funkcjonalności

w drugiej kolejności można korzystać z programów objętych normą POSIX, ewentualnie dodając testy sprawdzające krytyczne elementy na docelowych platformach

np. makro `AC_PROG_AWK_` powoduje dodanie kodu dla sprawdzenia obecności programów: mawk, gawk, nawk, i awk (w tej kolejności), i ustawienie zmiennej AWK na pierwszy znaleziony program

inne makra sprawdzania programów o wielu alternatywnych wersjach: `AC_PROG_INSTALL` `AC_PROG_YACC`, `AC_PROG_LEX`, `AC_PROG_LN_S`, `AC_PROG_RANLIB`

ogólne makra sprawdzania obecności programów: `AC_CHECK_PROG`, `AC_CHECK_TOOL`, `AC_PATH_PROG`, `AC_PATH_TOOL`

Autoconf — sprawdzanie bibliotek

różne Unixy mają różne biblioteki i nie ma zgodności jakie funkcje są w której bibliotece

jednak sprawdzanie bibliotek nie jest trudne, polega na ich doborze i uwzględnieniu w pliku *Makefile*, i można nie przejmować się błędami w konfiguracji bibliotek, dopóki nie natrafimy na problem

korygowanie problemu z bibliotekami polega na znalezieniu odpowiedniej biblioteki w systemie, w którym wystąpił problem, i dodaniu testu na nią do *configure.ac*

Autoconf — sprawdzanie plików nagłówkowych

Przykład: makro autoconfa `AC_HEADER_SYS_WAIT` sprawdza istnienie pliku nagłówkowego `sys/wait.h` i jego kompatybilność z normą POSIX.1; w takim przypadku *configure* definiuje makro preprocesora `HAVE_SYS_WAIT_H`.

```
#include <sys/types.h>
#if HAVE_SYS_WAIT_H
# include <sys/wait.h>
#endif

#ifndef WEXITSTATUS
# define WEXITSTATUS(stat_val) ((unsigned)(stat_val) >> 8)
#endif

#ifndef WIFEXITED
# define WIFEXITED(stat_val) (((stat_val) & 255) == 0)
#endif
```

Autoconf — „mały” przykład

struktura plików źródłowych:

- kartoteka główna: główne pliki organizacyjne pakietu autotools, takie jak ‘configure’, ‘aclocal.m4’, a także pliki informacyjne ‘README’ i inne
- biblioteki procedur wchodzące w skład projektu powinny mieć swoje podkartoteki z zestawem plików źródłowych oraz ich plikami ‘Makefile.am’
- zestaw plików źródłowych programu głównego mogą być przechowywane w kartotece głównej projektu, jednak celowe jest, zwłaszcza w przypadku większych programów, ich oddelegowanie do podkartoteki tradycyjnie nazywanej ‘src’
- dokumentacja w podkartotece ‘doc’
- pakiet testów w podkartotece ‘test’
- można również użyć podkartoteki, o nazwie np. ‘config’ do przechowywania plików roboczych pakietu autotools

---

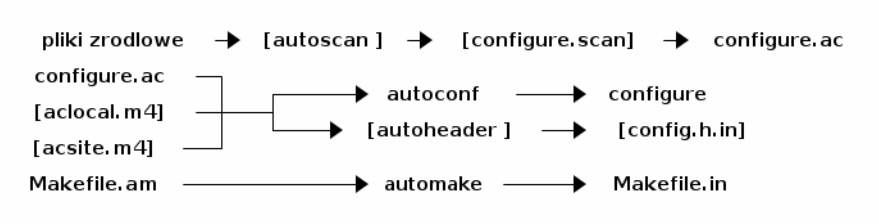
Autoconf — przystosowanie istniejącego pakietu do autoconf

program autoscan analizuje program źródłowy i generuje plik *configure.scan*, który ma być zgrubną przymiarką do *configure.ac*, ale który powinien być sprawdzony i poprawiony ręcznie

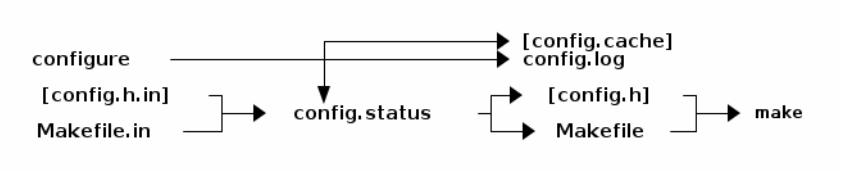
---

Zestaw narzędzi autoconf

Przygotowanie pakietu:



Instalacja pakietu:



---

yacc — wstęp

```
%{
/* ewentualne konstrukcje C takie jak #include, #define, itp. */
%}
/* deklaracje yacc'a: tokeny, zmienne gramatyczne,
   informacje o priorytetach i lacznosci konstrukcji gramatycznych */
%%
/* reguly gramatyczne i akcje */
%%
/* dalsze konstrukcje programowe w C */
main() { ...; yyparse(); ...; }
yylex() { ...; }
yyerror() { ...; }
```

yacc przekształca taką specyfikację do poniższej postaci, zastępując reguły gramatyczne deklaracją funkcji `yyparse()`, która, wywołana, dokona analizy gramatycznej ciągu wejściowego zgodnie z podanymi regułami.

```
konstrukcje C z pomiedzy %{ i %}
konstrukcje C zza drugiego %%, to znaczy:
main() { ...; yyparse(); ...; }
yylex() { ...; }
yyerror() { ...; }
yyparse() { wygenerowany parser, ktory wywoluje yylex() }
```

Automake — wstęp

automake tworzy plik *Makefile.in*, który zawiera niezbędne reguły zależności pomiędzy elementami wchodzącymi w skład pakietu, jak również dodaje akcje pomocne w kompilacji, instalowaniu, testowaniu, usuwaniu, i ogólnie w utrzymywaniu pakietu oprogramowania w dobrym stanie.

podstawowe obiekty automake'a (*primaries*):

- DATA
- HEADERS
- SCRIPTS
- MANS
- TEXINFOS
- PROGRAMS
- LIBRARIES
- LTLIBRARIES

Przykład: kalkulator czterodziałaniowy (hoc1)

Przedstawiony tu przykład kalkulatora został zaczerpnięty z książki „The UNIX Programming Environment", autorzy: Brian Kernighan i Rob Pike, Prentice-Hall, 1984.

```
%{
#define YYSTYPE double  /* typ danych stosu yacc'a */
%}
%token  NUMBER
%left   '+' '-'   /* operatory lewostronnie laczne */
%left   '*' '/'   /* tez lewostr.laczne,wyzszy priorytet */
%%
list:   /* nic */
        | list '\n'
        | list expr '\n'    { printf("\t%.8g\n", $2); }
        ;
expr:   NUMBER          { $$ = $1; }
        | expr '+' expr { $$ = $1 + $3; }
        | expr '-' expr { $$ = $1 - $3; }
        | expr '*' expr { $$ = $1 * $3; }
        | expr '/' expr { $$ = $1 / $3; }
        | '(' expr ')'  { $$ = $2; }
        ;
%%
```

W przedstawionej wersji kalkulatora zwróćmy uwage na następujące szczegóły.

1. Reguły gramatyki mogą mieć dołączone akcje (w nawiasach klamrowych), które są wykonywane gdy parser dokonuje redukcji przez daną regułę, tzn. doszedł właśnie do wniosku, że rozpoznał konstrukcję odpowiadającą tej konkretnej regule w ciągu wejściowym.

2. Gramatyka definiuje listę wyrażeń jako główną konstrukcję. Reguły opisujące konstrukcję listę są rekurencyjne, tzn. dopuszczają wystapienie wyrażenia po liście, bądź nawet samego znaku nowej linii po liście. Pozwala to na rozpoznanie dowolnej liczby wyrażeń (listy wyrażeń), a jednocześnie pustych linii nie zawierających wyrażenia. Pusta postać listy zapewnia inicjację, tzn. gwarantuje wystąpienie listy przed pierwszym wyrażeniem.

3. Fakt, że gramatyka sama zapewnia powtarzanie rozpoznawania wyrażenia jest kwestią wyboru. Reguły mogłyby być napisane tak aby rozpoznawać dokładnie jedno wyrażenie, a powtarzalność mogłaby zapewnić jawna pętla w programie głównym.

```
yylex()
{
    int c;

    while ((c=getchar()) == ' ' || c == '\t')
        ;
    if (c == EOF)
        return 0;
    if (c == '.' || isdigit(c)) {   /* liczba */
        ungetc(c, stdin);
        scanf("%lf", &yylval);
        return NUMBER;
    }
    if (c == '\n')
        lineno++;
    return c;           /* kazdy inny token */
}
```

```
#include <stdio.h>
#include <ctype.h>

char    *progname;      /* dla komunikatow o bledach */
int     lineno = 1;     /* liczenie wierszy wejscia */


main(int argc, char *argv[])  /* wersja 1 */
{
    progname = argv[0];
    yyparse();
}

yyerror(char *s)     /* yacc wywoluje to gdy blad gramatyczny */
{
    warning(s, (char *) 0);
}

warning(char *s, char *t)    /* wyswietla komunikat o bledzie */
{
    fprintf(stderr, "%s: %s", progname, s);
    if (t)
        fprintf(stderr, " %s", t);
    fprintf(stderr, " near line %d\n", lineno);
}
```

hoc1.5: uwzględnienie minusa unarnego

```
%{
#define YYSTYPE double  /* typ danych stosu yacc'a */
%}
%token  NUMBER
%left   '+' '-'   /* operatory lewostronnie laczne */
%left   '*' '/'   /* tez lewostr.laczne,wyzszy priorytet */
%left   UNARYMINUS
%%
list:   /* nic */
        | list '\n'
        | list expr '\n'    { printf("\t%.8g\n", $2); }
        ;
expr:   NUMBER          { $$ = $1; }
        |       '-' expr %prec UNARYMINUS
                        { $$ = -$2; }
        | expr '+' expr { $$ = $1 + $3; }
        | expr '-' expr { $$ = $1 - $3; }
        | expr '*' expr { $$ = $1 * $3; }
        | expr '/' expr { $$ = $1 / $3; }
        | '(' expr ')'  { $$ = $2; }
        ;
%%
```

1. Jednoznakowe tokeny pojawiające się w ciągu wejściowym występują w gramatyce w postaci samych znaków. Tokeny dłuższe niż jednoznakowe muszą być zadeklarowane jako %token, i występują w gramatyce w postaci odpowiednich makrodefinicji. Rozpoznawanie tych tokenów jest zadaniem funkcji yylex() i gramatyka oczekuje jedynie informacji, że dany token wystąpił.

2. Deklaracje %left i %right określają tokeny łączne lewo-, lub prawostronnie. Istnieje również deklaracja %nonassoc określająca token niełączny. Kolejność występowania deklaracji %token, %left, %right i %nonassoc określa priorytet danego tokenu; późniejsze deklaracje określają wyższy priorytet.

3. W przypadku występowania jednego tokenu w kilku rolach, gdy ma on posiadać różne priorytety w zależności od roli (tak jak minus między wyrażeniami i UNARYMINUS przed wyrażeniem) możemy odstępstwo od normalnego priorytetu tokenu określić dodatkową deklaracją %prec umieszczaną na końcu reguły, w której token ma niestandardowy priotytet.

---

hoc2: zmienne i inne drobiazgi

```
%{
double  mem[26];        /* memory for variables 'a'..'z' */
%}
%union {                /* stack type */
        double  val;    /* actual value */
        int     index;  /* index into mem[] */
}

%token  <val>   NUMBER
%token  <index> VAR
%type   <val>   expr
%right  '='
%left   '+' '-'
%left   '*' '/'
%left   UNARYMINUS
%%

list:     /* nothing */
        | list '\n'
        | list expr '\n'        { printf("\t%.8g\n", $2); }
        | list error '\n'       { yyerrok; }
        ;
```

```
expr:     NUMBER
        | VAR           { $$ = mem[$1]; }
        | VAR '=' expr  { $$ = mem[$1] = $3; }
        | expr '+' expr { $$ = $1 + $3; }
        | expr '-' expr { $$ = $1 - $3; }
        | expr '*' expr { $$ = $1 * $3; }
        | expr '/' expr {
                if ($3 == 0.0)
                        execerror("division by zero", "");
                $$ = $1 / $3; }
        | '(' expr ')'  { $$ = $2; }
        | '-' expr  %prec UNARYMINUS  { $$ = -$2; }
        ;
%%
        /* end of grammar */

#include <stdio.h>
#include <ctype.h>

char    *progname;
int     lineno = 1;

#include <signal.h>
#include <setjmp.h>
jmp_buf begin;
```

```
void fpecatch(int);

main(int argc, car *argv[]) { /* hoc2 */
        progname = argv[0];
        setjmp(begin);
        signal(SIGFPE, fpecatch);
        yyparse();
}

yylex() {       /* hoc2 */
        int c;

        while ((c=getchar()) == ' ' || c == '\t')
                ;
        if (c == EOF)
                return 0;
        if (c == '.' || isdigit(c)) {   /* number */
                ungetc(c, stdin);
                scanf("%lf", &yylval.val);
                return NUMBER;
        }
        if (islower(c)) {
                yylval.index = c - 'a'; /* ASCII only */
                return VAR;
        }
```

```
        if (c == '\n')
                lineno++;
        return c;
}

yyerror(char *s) {  /* report compile-time error */
        warning(s, (char *)0);
}

execerror(char *s, char *t) { /* recover from run-time error */
        warning(s, t);
        longjmp(begin, 0);
}

void fpecatch(int sig) {  /* catch floating point exceptions */
        execerror("floating point exception", (char *) 0);
}

warning(char *s, char *t) { /* print warning message */
        fprintf(stderr, "%s: %s", progname, s);
        if (t && *t)
                fprintf(stderr, " %s", t);
        fprintf(stderr, " near line %d\n", lineno);
}
```

---

hoc3: funkcje matematyczne, lepsze zmienne, itp.

hoc.h:
======

```
typedef struct Symbol { /* symbol table entry */
        char    *name;
        short   type;   /* VAR, BLTIN, UNDEF */
        union {
                double  val;            /* if VAR */
                double  (*ptr)();       /* if BLTIN */
        } u;
        struct Symbol   *next;  /* to link to another */
} Symbol;
Symbol *lookup(char *s);
Symbol *install(char *s, int t, double d);
```

hoc.y:
======

```
%{
#include "hoc.h"
extern  double  Pow();
%}
%union {
        double  val;    /* actual value */
        Symbol  *sym;   /* symbol table pointer */
}
%token  <val>   NUMBER
%token  <sym>   VAR BLTIN UNDEF
%type   <val>   expr asgn
%right  '='
%left   '+' '-'
%left   '*' '/'
%left   UNARYMINUS
%right  '^'     /* exponentiation */
%%
list:     /* nothing */
        | list '\n'
        | list asgn '\n'
        | list expr '\n'        { printf("\t%.8g\n", $2); }
        | list error '\n'       { yyerrok; }
        ;
asgn:     VAR '=' expr { $$=$1->u.val=$3; $1->type = VAR; }
        ;
expr:     NUMBER
        | VAR { if ($1->type == UNDEF)
                    execerror("undefined variable", $1->name);
                $$ = $1->u.val; }
        | asgn
        | BLTIN '(' expr ')'    { $$ = (*($1->u.ptr))($3); }
        | expr '+' expr { $$ = $1 + $3; }
        | expr '-' expr { $$ = $1 - $3; }
        | expr '*' expr { $$ = $1 * $3; }
        | expr '/' expr {
                if ($3 == 0.0)
                        execerror("division by zero", "");
                $$ = $1 / $3; }
        | expr '^' expr { $$ = Pow($1, $3); }
        | '(' expr ')'  { $$ = $2; }
        | '-' expr  %prec UNARYMINUS  { $$ = -$2; }
        ;
%%
        /* end of grammar */
#include <stdio.h>
#include <ctype.h>
char    *progname;
int     lineno = 1;
#include <signal.h>
#include <setjmp.h>
jmp_buf begin;
void fpecatch(int);
```

```
main(int argc, char *argv[]) { /* hoc3 */
        progname = argv[0];
        init();
        setjmp(begin);
        signal(SIGFPE, fpecatch);
        yyparse();
}

yylex() {       /* hoc3 */
        int c;

        while ((c=getchar()) == ' ' || c == '\t')
                ;
        if (c == EOF)
                return 0;
        if (c == '.' || isdigit(c)) {   /* number */
                ungetc(c, stdin);
                scanf("%lf", &yylval.val);
                return NUMBER;
        }
        if (isalpha(c)) {
                Symbol *s;
                char sbuf[100], *p = sbuf;
                do {
```

```
                        *p++ = c;
                } while ((c=getchar()) != EOF && isalnum(c));
                ungetc(c, stdin);
                *p = '\0';
                if ((s=lookup(sbuf)) == 0)
                        s = install(sbuf, UNDEF, 0.0);
                yylval.sym = s;
                return s->type == UNDEF ? VAR : s->type;
        }
        if (c == '\n')
                lineno++;
        return c;
}

yyerror(char *s) {
        warning(s, (char *)0);
}

execerror(char *s, char *t) { /* recover from run-time error */
        warning(s, t);
        longjmp(begin, 0);
}

void fpecatch(int sig) { /* catch floating point exceptions */
        execerror("floating point exception", (char *) 0);
```

```
}

warning(char *s, char *t) {
        fprintf(stderr, "%s: %s", progname, s);
        if (t && *t)
                fprintf(stderr, " %s", t);
        fprintf(stderr, " near line %d\n", lineno);
}
```

symbol.c:
=========

```
#include <stdlib.h>
#include "hoc.h"
#include "y.tab.h"

void *emalloc(unsigned n);
static Symbol *symlist = 0;  /* symbol table: linked list */

Symbol *lookup(char *s) { /* find s in symbol table */
        Symbol *sp;

        for (sp = symlist; sp != (Symbol *) 0; sp = sp->next)
```

```
                if (strcmp(sp->name, s) == 0)
                        return sp;
        return 0;       /* 0 ==> not found */
}

Symbol *install(char *s, int t, double d){/* install s in symbol table */
        Symbol *sp;

        sp = (Symbol *) emalloc(sizeof(Symbol));
        sp->name = emalloc(strlen(s)+1); /* +1 for '\0' */
        strcpy(sp->name, s);
        sp->type = t;
        sp->u.val = d;
        sp->next = symlist; /* put at front of list */
        symlist = sp;
        return sp;
}

void *emalloc(unsigned n) {   /* check return from malloc */
        void *p;

        p = malloc(n);
        if (p == 0)
                execerror("out of memory", (char *) 0);
        return p;
```

```
}
```

math.c:
=======

```
#include <math.h>
#include <errno.h>

extern  int     errno;
double errcheck(double d, char *s);

double Log(double x) {
        return errcheck(log(x), "log");
}

double Log10(double x) {
        return errcheck(log10(x), "log10");
}

double Sqrt(double x) {
        return errcheck(sqrt(x), "sqrt");
}
```

```
double Exp(double x) {
        return errcheck(exp(x), "exp");
}

double Pow(double x, double y) {
        return errcheck(pow(x,y), "exponentiation");
}

double integer(double x) {
        return (double)(long)x;
}

double errcheck(double d, char *s) { /* check result of library call */
        if (errno == EDOM) {
                errno = 0;
                execerror(s, "argument out of domain");
        } else if (errno == ERANGE) {
                errno = 0;
                execerror(s, "result out of range");
        }
        return d;
}
```

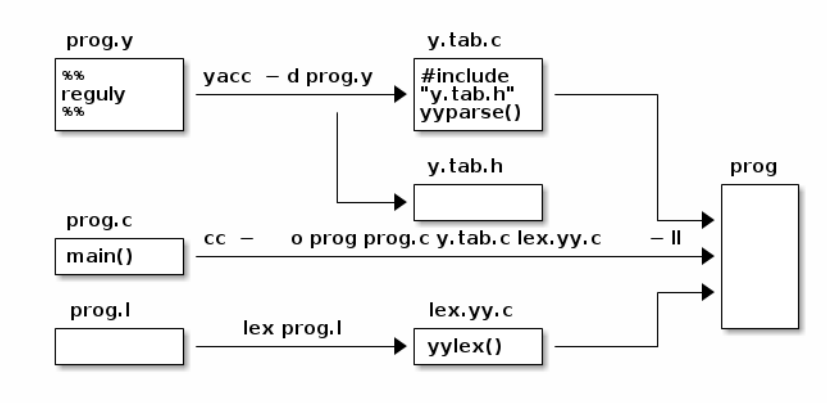
---

init.c:
=======

```
#include "hoc.h"
#include "y.tab.h"
#include <math.h>

extern double   Log(), Log10(), Exp(), Sqrt(), integer();

static struct {         /* Constants */
        char    *name;
        double  cval;
} consts[] = {
        "PI",    3.14159265358979323846,
        "E",     2.71828182845904523536,
        "GAMMA", 0.57721566490153286060,  /* Euler */
        "DEG",  57.29577951308232087680,  /* deg/radian */
        "PHI",   1.61803398874989484820,  /* golden ratio */
        0,       0
};

static struct {         /* Built-ins */
        char    *name;
        double  (*func)(double);
} builtins[] = {
```

```
        "sin",  sin,
        "cos",  cos,
        "atan", atan,
        "log",  Log,    /* checks argument */
        "log10", Log10, /* checks argument */
        "exp",  Exp,    /* checks argument */
        "sqrt", Sqrt,   /* checks argument */
        "int",  integer,
        "abs",  fabs,
        0,      0
};

init() {       /* install constants and built-ins in table */
        int i;
        Symbol *s;

        for (i = 0; consts[i].name; i++)
                install(consts[i].name, VAR, consts[i].cval);
        for (i = 0; builtins[i].name; i++) {
                s = install(builtins[i].name, BLTIN, 0.0);
                s->u.ptr = builtins[i].func;
        }
}
```

Schemat zastosowania narzędzi `yacc` i `lex` do generacji programu ze źródeł typu .l i .y przy założeniu, że główna część programu znajduje się w pliku prog.c, specyfikacja gramatyki (wraz z niezbędnymi deklaracjami) w pliku prog.y, a specyfikacja tokenów w pliku prog.l.



hoc4: kompilacja kodu

przykład ze strony 258

```
#include "hoc.h"
#define code2(c1,c2)    code(c1); code(c2)
#define code3(c1,c2,c3) code(c1); code(c2); code(c3)
%}
%union {
        Symbol  *sym;   /* symbol table pointer */
        Inst    *inst;  /* machine instruction */
}
%token  <sym>   NUMBER VAR BLTIN UNDEF
%right  '='
%left   '+' '-'
%left   '*' '/'
%left   UNARYMINUS
%right  '^'     /* exponentiation */
%%
list:  /* nothing */
     | list '\n'
     | list asgn '\n'  { code2(pop, STOP); return 1; }
     | list expr '\n'  { code2(print, STOP); return 1; }
     | list error '\n' { yyerrok; }
     ;
```

Użycie programu `lex`

```
%{
#include "y.tab.h"
extern int lineno;
%}
%%
[ \t]   { ; }   /* pomin spacje i taby */
[0-9]+\.?|[0-9]*\.[0-9]+ {
        sscanf(yytext, "%lf", &yylval.val); return NUMBER; }
[a-zA-Z][a-zA-Z0-9]* {
        Symbol *s;
        if ((s=lookup(yytext)) == 0)
            s = install(yytext, UNDEF, 0.0);
        yylval.sym = s;
        return s->type == UNDEF ? VAR : s->type; }
\n      { lineno++; return '\n'; }   /* cokolwiek innego */
.       { return yytext[0]; }
```

```
asgn:  VAR '=' expr  { code3(varpush, (Inst)$1, assign); }
     ;

expr:  NUMBER        { code2(constpush, (Inst)$1); }
     | VAR           { code3(varpush, (Inst)$1, eval); }
     | asgn
     | BLTIN '(' expr ')' { code2(bltin, (Inst)$1->u.ptr); }
     | '(' expr ')'
     | expr '+' expr { code(add); }
     | expr '-' expr { code(sub); }
     | expr '*' expr { code(mul); }
     | expr '/' expr { code(div); }
     | expr '^' expr { code(power); }
     | '-' expr  %prec UNARYMINUS  { code(negate); }
```

```
main(int argc, char *argv[]) { /* hoc4 */
    int fpecatch();

    progname = argv[0];
    init();
    setjmp(begin);
    signal(SIGFPE, fpecatch);
    for (initcode(); yyparse(); initcode())
        execute(prog);
    return 0;
}

static int c;   /* globalna do uzycia w warning() */

yylex() {       /* hoc4 */
    ...
    if (c == '.' || isdigit(c)) {   /* liczba */
        double d;
        ungetc(c, stdin);
        scanf("%lf", &d);
        yylval.sym = install("", NUMBER, d);
        return NUMBER;
    }
    ... }
```

```
typedef struct Symbol { /* symbol table entry */
        char    *name;
        short   type;   /* VAR, BLTIN, UNDEF */
        union {
                double  val;            /* if VAR */
                double  (*ptr)();       /* if BLTIN */
        } u;
        struct Symbol *next; /* to link to another */
} Symbol;
Symbol  *install(), *lookup();

typedef union Datum {   /* interpreter stack type */
        double  val;
        Symbol  *sym;
} Datum;
extern  Datum pop();

typedef int (*Inst)();  /* machine instruction */
#define STOP    (Inst) 0

extern  Inst prog[];
extern  eval(), add(), sub(), mul(), div(),
extern  negate(), power(), assign(), bltin();
extern  varpush(), constpush(), print();
```

```
#include "hoc.h"
#include "y.tab.h"

#define NSTACK  256
static  Datum   stack[NSTACK]; /* the stack */
static  Datum   *stackp;       /* next free spot on stack */

#define NPROG   2000
Inst    prog[NPROG];  /* the machine */
Inst    *progp;       /* next free spot for code generation*/
Inst    *pc;          /* program counter during execution */

initcode() {    /* initialize for code generation */
    stackp = stack;
    progp = prog;
}

push(Datum d) { /* push d onto stack */
    if (stackp >= &stack[NSTACK])
        execerror("stack overflow", (char *) 0);
    *stackp++ = d;
}

Datum pop() {   /* pop and return top elem from stack */
    if (stackp <= stack)
```

```
        execerror("stack underflow", (char *) 0);
    return *--stackp;
}
```

```
Inst *code(Inst f) { /* install one instruction or operand */
    Inst *oprogp = progp;

    if (progp >= &prog[NPROG])
        execerror("program too big", (char *) 0);
    *progp++ = f;
    return oprogp;
}

execute(Inst *p) { /* run the machine */
    for (pc = p; *pc != STOP; )
        (*(*pc++))();
}

constpush() {   /* push constant onto stack */
    Datum d;

    d.val = ((Symbol *)*pc++)->u.val;
    push(d);
}

varpush() {     /* push variable onto stack */
    Datum d;

    d.sym = (Symbol *)(*pc++);
```

```
    push(d);
}
```

```
add() { /* add top two elems on stack */
        Datum d1, d2;
        d2 = pop();
        d1 = pop();
        d1.val += d2.val;
        push(d1);
}

sub() { /* subtract top of stack from next */
        Datum d1, d2;
        d2 = pop();
        d1 = pop();
        d1.val -= d2.val;
        push(d1);
}

mul() {
        Datum d1, d2;
        d2 = pop();
        d1 = pop();
        d1.val *= d2.val;
        push(d1);
}

div() {
```

```
        Datum d1, d2;
        d2 = pop();
        if (d2.val == 0.0)
                execerror("division by zero", (char *) 0);
        d1 = pop();
        d1.val /= d2.val;
        push(d1);
}

negate() {
        Datum d;
        d = pop();
        d.val = -d.val;
        push(d);
}

power() {
        Datum d1, d2;
        extern double Pow();
        d2 = pop();
        d1 = pop();
        d1.val = Pow(d1.val, d2.val);
        push(d1);
}
```

```
eval() {        /* evaluate variable on stack */
    Datum d;
    d = pop();
    if (d.sym->type == UNDEF)
        execerror("undefined variable", d.sym->name);
    d.val = d.sym->u.val;
    push(d);
}

assign() {      /* assign top value to next value */
    Datum d1, d2;
    d1 = pop();
    d2 = pop();
    if (d1.sym->type != VAR && d1.sym->type != UNDEF)
        execerror("assignment to non-variable",
                  d1.sym->name);
    d1.sym->u.val = d2.val;
    d1.sym->type = VAR;
    push(d2);
}

print() {        /* pop top value from stack, print it */
    Datum d;
    d = pop();
    printf("\t%.8g\n", d.val);
```

```
}

bltin() {       /* evaluate built-in on top of stack */
    Datum d;
    d = pop();
    d.val = (*(double (*)())(*pc++))(d.val);
    push(d);
}
```

---

hoc5: operatory relacyjne i instrukcje złożone

```
%{
#include "hoc.h"
#define code2(c1,c2)    code(c1); code(c2)
#define code3(c1,c2,c3) code(c1); code(c2); code(c3)
%}
%union {
        Symbol  *sym;   /* symbol table pointer */
        Inst    *inst;  /* machine instruction */
}
%token  <sym>   NUMBER PRINT VAR BLTIN UNDEF WHILE IF ELSE
%type   <inst>  stmt asgn expr stmtlist cond while if end
%right  '='
%left   OR
%left   AND
%left   GT GE LT LE EQ NE
%left   '+' '-'
%left   '*' '/'
%left   UNARYMINUS NOT
%right  '^'
%%
list:     /* nothing */
        | list '\n'
```

```
        | list asgn '\n'  { code2(pop, STOP); return 1; }
        | list stmt '\n'  { code(STOP); return 1; }
        | list expr '\n'  { code2(print, STOP); return 1; }
        | list error '\n' { yyerrok; }
        ;
asgn:     VAR '=' expr  { $$=$3; code3(varpush,(Inst)$1,assign); }
        ;
stmt:     expr          { code(pop); }
        | PRINT expr    { code(prexpr); $$ = $2; }
        | while cond stmt end {
                ($1)[1] = (Inst)$3;     /* body of loop */
                ($1)[2] = (Inst)$4; }   /* end, if cond fails */
        | if cond stmt end {    /* else-less if */
                ($1)[1] = (Inst)$3;     /* thenpart */
                ($1)[3] = (Inst)$4; }   /* end, if cond fails */
        | if cond stmt end ELSE stmt end {  /* if with else */
                ($1)[1] = (Inst)$3;     /* thenpart */
                ($1)[2] = (Inst)$6;     /* elsepart */
                ($1)[3] = (Inst)$7; }   /* end, if cond fails */
        | '{' stmtlist '}'      { $$ = $2; }
        ;
cond:     '(' expr ')'  { code(STOP); $$ = $2; }
        ;
while:    WHILE { $$ = code3(whilecode, STOP, STOP); }
        ;
```

```
if:       IF    { $$=code(ifcode); code3(STOP, STOP, STOP); }
        ;
end:      /* nothing */         { code(STOP); $$ = progp; }
        ;
stmtlist: /* nothing */         { $$ = progp; }
        | stmtlist '\n'
        | stmtlist stmt
        ;
expr:     NUMBER        { $$ = code2(constpush, (Inst)$1); }
        | VAR           { $$ = code3(varpush, (Inst)$1, eval); }
        | asgn
        | BLTIN '(' expr ')'
              { $$ = $3; code2(bltin,(Inst)$1->u.ptr); }
        | '(' expr ')'  { $$ = $2; }
        | expr '+' expr { code(add); }
        | expr '-' expr { code(sub); }
        | expr '*' expr { code(mul); }
        | expr '/' expr { code(div); }
        | expr '^' expr { code (power); }
        | '-' expr  %prec UNARYMINUS  { $$ = $2; code(negate); }
        | expr GT expr  { code(gt); }
        | expr GE expr  { code(ge); }
        | expr LT expr  { code(lt); }
        | expr LE expr  { code(le); }
        | expr EQ expr  { code(eq); }
```

```
        | expr NE expr  { code(ne); }
        | expr AND expr { code(and); }
        | expr OR expr  { code(or); }
        | NOT expr      { $$ = $2; code(not); }
        ;
%%
        /* end of grammar */
#include <stdio.h>
#include <ctype.h>
char    *progname;
int     lineno = 1;
#include <signal.h>
#include <setjmp.h>
jmp_buf begin;
int     defining;

int c;  /* global for use by warning() */
yylex()         /* hoc5 */
{
        while ((c=getchar()) == ' ' || c == '\t')
                ;
        if (c == EOF)
                return 0;
        if (c == '.' || isdigit(c)) {   /* number */
                double d;
```

```
                ungetc(c, stdin);
                scanf("%lf", &d);
                yylval.sym = install("", NUMBER, d);
                return NUMBER;
        }
        if (isalpha(c)) {
                Symbol *s;
                char sbuf[100], *p = sbuf;
                do
                        *p++ = c;
                while ((c=getchar()) != EOF && isalnum(c));
                ungetc(c, stdin);
                *p = '\0';
                if ((s=lookup(sbuf)) == 0)
                        s = install(sbuf, UNDEF, 0.0);
                yylval.sym = s;
                return s->type == UNDEF ? VAR : s->type;
        }
        switch (c) {
        case '>':       return follow('=', GE, GT);
        case '<':       return follow('=', LE, LT);
        case '=':       return follow('=', EQ, '=');
        case '!':       return follow('=', NE, NOT);
        case '|':       return follow('|', OR, '|');
        case '&':       return follow('&', AND, '&');
```

```
        case '\n':      lineno++; return '\n';
        default:        return c;
        }
}
follow(expect, ifyes, ifno)  /* look ahead for >=, etc. */
{
        int c = getchar();

        if (c == expect)
                return ifyes;
        ungetc(c, stdin);
        return ifno;
}

yyerror(char *s) {
        warning(s, (char *)0);
}

execerror(char *s, char *t) { /* recover from run-time error */
        warning(s, t);
        longjmp(begin, 0);
}

fpecatch() {    /* catch floating point exceptions */
        execerror("floating point exception", (char *) 0);
```

```
}

main(int argc, char *argv[]) {
        int fpecatch();

        progname = argv[0];
        init();
        setjmp(begin);
        signal(SIGFPE, fpecatch);
        for (initcode(); yyparse(); initcode())
                execute(prog);
        return 0;
}

warning(char *s, char *t) {
        fprintf(stderr, "%s: %s", progname, s);
        if (t && *t)
                fprintf(stderr, " %s", t);
        fprintf(stderr, " near line %d\n", lineno);
        while (c != '\n' && c != EOF)
                c = getchar();  /* flush rest of input line */
        fseek(stdin, 0L, 2);            /* flush rest of file */
        longjmp(begin, 0);
}
```

```
typedef struct Symbol { /* symbol table entry */
        char    *name;
        short   type;   /* VAR, BLTIN, UNDEF */
        union {
                double  val;            /* if VAR */
                double  (*ptr)();       /* if BLTIN */
        } u;
        struct Symbol   *next;  /* to link to another */
} Symbol;
Symbol  *install(), *lookup();

typedef union Datum {   /* interpreter stack type */
        double  val;
        Symbol  *sym;
} Datum;
extern  Datum pop();

typedef int (*Inst)();  /* machine instruction */
#define STOP    (Inst) 0

extern  Inst prog[], *progp, *code();
extern  eval(), add(), sub(), mul(), div(), negate(), power();
extern  assign(), bltin(), varpush(), constpush(), print();
extern  prexpr();
extern  gt(), lt(), eq(), ge(), le(), ne(), and(), or(), not();
```

```
extern  ifcode(), whilecode();
```

```
#include "hoc.h"
#include "y.tab.h"

#define NSTACK  256

static Datum stack[NSTACK];
static Datum *stackp;

#define NPROG   2000
Inst prog[NPROG];
static Inst *pc;
Inst *progp;

initcode()
{
        progp = prog;
        stackp = stack;
}

push(d)
        Datum d;
{
        if (stackp >= &stack[NSTACK])
                execerror("stack too deep", (char *)0);
        *stackp++ = d;
```

```
}

Datum
pop()
{
        if (stackp == stack)
                execerror("stack underflow", (char *)0);
        return *--stackp;
}

constpush()
{
        Datum d;
        d.val = ((Symbol *)*pc++)->u.val;
        push(d);
}

varpush()
{
        Datum d;
        d.sym = (Symbol *)(*pc++);
        push(d);
}

whilecode()
```

```
{
        Datum d;
        Inst *savepc = pc;      /* loop body */

        execute(savepc+2);      /* condition */
        d = pop();
        while (d.val) {
                execute(*((Inst **)(savepc)));  /* body */
                execute(savepc+2);
                d = pop();
        }
        pc = *((Inst **)(savepc+1));  /* next statement */
}

ifcode()
{
        Datum d;
        Inst *savepc = pc;      /* then part */

        execute(savepc+3);      /* condition */
        d = pop();
        if (d.val)
                execute(*((Inst **)(savepc)));
        else if (*((Inst **)(savepc+1))) /* else part? */
                execute(*((Inst **)(savepc+1)));
```

```
        pc = *((Inst **)(savepc+2));     /* next stmt */
}

bltin()
{
        Datum d;
        d = pop();
        d.val = (*(double (*)())(*pc++))(d.val);
        push(d);
}

eval() /* Evaluate variable on stack */
{
        Datum d;
        d = pop();
        if (d.sym->type != VAR && d.sym->type != UNDEF)
                execerror("attempt to evaluate non-variable", d.sym->name);
        if (d.sym->type == UNDEF)
                execerror("undefined variable", d.sym->name);
        d.val = d.sym->u.val;
        push(d);
}

add()
{
```

```
        Datum d1, d2;
        d2 = pop();
        d1 = pop();
        d1.val += d2.val;
        push(d1);
}

sub()
{
        Datum d1, d2;
        d2 = pop();
        d1 = pop();
        d1.val -= d2.val;
        push(d1);
}

mul()
{
        Datum d1, d2;
        d2 = pop();
        d1 = pop();
        d1.val *= d2.val;
        push(d1);
}
```

```
div()
{
        Datum d1, d2;
        d2 = pop();
        if (d2.val == 0.0)
                execerror("division by zero", (char *)0);
        d1 = pop();
        d1.val /= d2.val;
        push(d1);
}

negate()
{
        Datum d;
        d = pop();
        d.val =  -d.val;
        push(d);
}

gt()
{
        Datum d1, d2;
        d2 = pop();
        d1 = pop();
        d1.val = (double)(d1.val > d2.val);
        push(d1);
}

lt()
{
        Datum d1, d2;
        d2 = pop();
        d1 = pop();
        d1.val = (double)(d1.val < d2.val);
        push(d1);
}

ge()
{
        Datum d1, d2;
        d2 = pop();
        d1 = pop();
        d1.val = (double)(d1.val >= d2.val);
        push(d1);
}

le()
{
        Datum d1, d2;
        d2 = pop();
        d1 = pop();
        d1.val = (double)(d1.val <= d2.val);
        push(d1);
}

eq()
{
        Datum d1, d2;
        d2 = pop();
        d1 = pop();
        d1.val = (double)(d1.val == d2.val);
        push(d1);
}

ne()
{
        Datum d1, d2;
        d2 = pop();
        d1 = pop();
        d1.val = (double)(d1.val  !=  d2.val);
        push(d1);
}

and()
{
        Datum d1, d2;
        d2 = pop();
        d1 = pop();
        d1.val = (double)(d1.val != 0.0 && d2.val != 0.0);
        push(d1);
}

or()
{
        Datum d1, d2;
        d2 = pop();
        d1 = pop();
        d1.val = (double)(d1.val != 0.0 || d2.val != 0.0);
        push(d1);
}

not()
{
        Datum d;
        d = pop();
        d.val = (double)(d.val == 0.0);
        push(d);
}

power()
```

```
{
        Datum d1, d2;
        extern double Pow();
        d2 = pop();
        d1 = pop();
        d1.val = Pow(d1.val, d2.val);
        push(d1);
}

assign()
{
        Datum d1, d2;
        d1 = pop();
        d2 = pop();
        if (d1.sym->type != VAR && d1.sym->type != UNDEF)
                execerror("assignment to non-variable",
                        d1.sym->name);
        d1.sym->u.val = d2.val;
        d1.sym->type = VAR;
        push(d2);
}

print()
{
        Datum d;
```

```
        d = pop();
        printf("\t%.8g\n", d.val);
}

prexpr()        /* print numeric value */
{
        Datum d;
        d = pop();
        printf("%.8g\n", d.val);
}

Inst *code(f)   /* install one instruction or operand */
        Inst f;
{
        Inst *oprogp = progp;
        if (progp >= &prog[NPROG])
                execerror("expression too complicated", (char *)0);
        *progp++ = f;
        return oprogp;
}

execute(p)
        Inst *p;
{
        for (pc = p; *pc != STOP; )
                (*(*pc++))();
}
```

```
#include "hoc.h"
#include "y.tab.h"
#include <math.h>

extern double   Log(), Log10(), Sqrt(), Exp(), integer();

static struct {         /* Keywords */
        char    *name;
        int     kval;
} keywords[] = {
        "if",           IF,
        "else",         ELSE,
        "while",        WHILE,
        "print",        PRINT,
        0,              0,
};

static struct {         /* Constants */
        char    *name;
        double  cval;
} consts[] = {
        "PI",    3.14159265358979323846,
        "E",     2.71828182845904523536,
        "GAMMA", 0.57721566490153286060,  /* Euler */
        "DEG",  57.29577951308232087680,  /* deg/radian */
```

```
        "PHI",   1.61803398874989484820,  /* golden ratio */
        0,       0
};

static struct {         /* Built-ins */
        char    *name;
        double  (*func)();
} builtins[] = {
        "sin",  sin,
        "cos",  cos,
        "atan", atan,
        "log",  Log,    /* checks argument */
        "log10", Log10, /* checks argument */
        "exp",  exp,
        "sqrt", Sqrt,   /* checks argument */
        "int",  integer,
        "abs",  fabs,
        0,      0
};

init()  /* install constants and built-ins in table */
{
        int i;
        Symbol *s;
        for (i = 0; keywords[i].name; i++)
```

```
                install(keywords[i].name, keywords[i].kval, 0.0);
        for (i = 0; consts[i].name; i++)
                install(consts[i].name, VAR, consts[i].cval);
        for (i = 0; builtins[i].name; i++) {
                s = install(builtins[i].name, BLTIN, 0.0);
                s->u.ptr = builtins[i].func;
        }
}
```
