

Θέματα Σχεδιασμού Γλωσσών Προγραμματισμού



Katsushika Hokusai, *In the Hollow of a Wave off the Coast at Kanagawa*, 1827

Κωστής Σαγώνας <kostis@cs.ntua.gr>
Νίκος Πατασπύρου <nickie@softlab.ntua.gr>

Εν αρχή ην... η χακιά (hack)

- Έστω ότι θέλουμε να βρούμε κάποια πληροφορία για τους χρήστες ενός μηχανήματος Unix από το αρχείο `/etc/passwd` το οποίο έχει εγγραφές (πιθανώς κάποιες εγγραφές είναι ανενεργές - σχόλια #) της μορφής:

```
mailman:*:78:78:Mailman user:/var/empty:/usr/bin/false
```

Βασικά πρέπει να κάνουμε τα εξής

1. Να κοιτάξουμε μόνο τις γραμμές που δεν είναι σχόλια
2. Από αυτές να απομονώσουμε το όνομα χρήστη (**username**), το **home directory**, και το **shell** του κάθε χρήστη
3. Για να βρούμε ποιοι όντως είναι χρήστες, κοιτάμε κατά πόσο το shell τους υπάρχει ως (εκτελέσιμο) πρόγραμμα

Θέματα Σχεδιασμού Γλωσσών Προγραμματισμού

2

Χακιά στη C++

- Κύριο πρόγραμμα
 - Δηλώσεις αρχείων επικεφαλίδων
 - Δηλώσεις μεταβλητών

```
#include <fstream>
#include <iostream>
#include <string>

using namespace std;
int main() {
    ifstream infile;
    char newrecord[256];
```

Χακιά στη C++

- Άνοιγμα αρχείου
 - Έλεγχος σφάλματος

```
infile.open("/etc/passwd");
if (!infile) {
    cout << "Error opening /etc/passwd.\n";
    exit(-1);
}
```

Χακιά στη C++

- Κύρια επανάληψη

```
infile.getline(newrecord, 256);
while (!infile.fail()) {
    // Make array into a String
    String urecord(newrecord);
    if (urecord.find("#") == string::npos) {
        // Process an entry
        ...
    }
    infile.getline(newrecord, 256);
}
return 0; // Done
}
```

Χακιά στη C++

- Κύριο σώμα επανάληψης

```
string::size_type name_index = urecord.find(":");
string::size_type shell_index = urecord.find_last_of(":");
string::size_type home_index = urecord.find_last_of(":",
                                                    shell_index);

string name = urecord.substr(0, name_index);
string home = urecord.substr(home_index+1, shell_index-1);
string shell = urecord.substr(shell_index+1);
// For Part 3, check to see if shell is a valid file
// and if so, execute the next line; otherwise, do nothing.
cout << name << "\t" << home << "\t" << shell << endl;
```

Χακιά στη Java

- Είναι παρόμοια με τη C++
 - Αλλά η γλώσσα έρχεται με μια καλή βιβλιοθήκη (StringTokenizer)

```
StringTokenizer st =
    new StringTokenizer(record, ":");
String username = st.nextToken();
st.nextToken(); // Don't care about these
st.nextToken();
st.nextToken();
st.nextToken();
String home = st.nextToken();
String shell = st.nextToken();
```

Χακιά σε Perl

```
#!/usr/bin/perl

open PASSWD, "<", "/etc/passwd" ||
    die "Could not open /etc/passwd: $!";
while (<PASSWD>) {
    if (m/^[^#]/) { # Skip comments
        my @fields = split(/:/, $_); # Split on :
        if (-x $fields[6]) {
            print STDOUT "$fields[0]\t$fields[5]\t$fields[6]\n";
        }
    }
}
close (PASSWD);;
```

Χακιά σε Python

```
#!/usr/bin/env python3

import re, os, os.path

with open("/etc/passwd", "rt") as f:
    for line in f:
        # skip comments
        if re.match(r'^\s*#', line): continue
        # split on :
        fields = line.strip().split(":")
        # print, if shell is valid and executable
        if os.path.isfile(fields[6]) and \
            os.access(fields[6], os.X_OK):
            print(fields[0], fields[5], fields[6], sep="\t")
```

Χακιά σε awk (με χρήση cat)

```
% cat passwd | awk -F: '/[^\#]/{ print "$1\t$6\t$7"}
```

Κάποια ερωτήματα σχεδιασμού γλωσσών

- Τι θέλουμε να είναι ενσωματωμένο (built-in) στη γλώσσα;
- Πόση προσπάθεια χρειάζεται για να γράψουμε ένα τυπικό πρόγραμμα;
- Πώς είναι ο τυπικός κύκλος ανάπτυξης προγραμμάτων;
- Ποια είναι τα ενδεχόμενα σφάλματα λογισμικού;
- Πόσο εύκολη είναι η ανάγνωση και η κατανόηση των προγραμμάτων στη γλώσσα;
- Πόσο εύκολη είναι η συνεργασία μ' ένα άλλο πρόγραμμα;
- Τι υποστήριξη υπάρχει από πλευράς βιβλιοθηκών;

Επίδοση σε ταχύτητα

- Το πρόγραμμα σε C++ είναι περίπου τρεις φορές πιο γρήγορο από εκείνο σε Perl
 - Όμως η ταχύτητα και των δύο προγραμμάτων είναι ικανοποιητική (για την προβλεπόμενη χρήση τους)
 - Σε τελική ανάλυση, η ταχύτητα εκτέλεσης έχει περισσότερο να κάνει με το χρόνο που χρειάζεται να διαβάσουμε το αρχείο (από το δίσκο) παρά με τη γλώσσα
- Είναι αυτός λόγος για να γράψουμε X φορές περισσότερο κώδικα;

Επιτυχής σχεδιασμός γλωσσών

Λαμβάνει υπόψη του τα χαρακτηριστικά των εφαρμογών

- **C:**
 - προγραμματισμός συστήματος
 - δυνατότητα παρέμβασης σε πολύ χαμηλό επίπεδο
- **Lisp, ML, Prolog:** συμβολικός υπολογισμός (symbolic computation)
- **Erlang:**
 - εφαρμογές ταυτοχρονισμού με απαιτήσεις για αδιάκοπη λειτουργία
- **Perl, Python:** επεξεργασία αρχείων χαρακτήρων
- **Java, C#:** εφαρμογές διαδικτύου
- **Javascript:** light-weight client-side προγραμματισμός
- **SQL:** εφαρμογές βάσεων δεδομένων

Στοιχεία σχεδιασμού γλωσσών

- Το κλειδί της επιτυχίας:
ευκολία προγραμματισμού κάποιου συνόλου εφαρμογών
- Οι εφαρμογές βοηθούν τους σχεδιαστές γλωσσών να επικεντρώσουν την προσοχή τους σε συγκεκριμένα χαρακτηριστικά και να έχουν σαφώς προσδιορισμένα κριτήρια για τις αποφάσεις τους
- Ένα από τα βασικότερα συστατικά σχεδιασμού γλωσσών και συγχρόνως μια από τις πιο δύσκολες αποφάσεις είναι το ποια στοιχεία θα μείνουν εκτός της γλώσσας!

Στοιχεία σχεδιασμού γλωσσών

- Αφηρημένο υπολογιστικό μοντέλο / μηχανή όπως αυτό παρουσιάζεται στον προγραμματιστή
 - **Fortran:** Πίνακες, αριθμοί κινητής υποδιαστολής, κ.λπ.
 - **C:** Μοντέλο μηχανής υπολογιστή, διευθυνσιοδότηση κατά bytes
 - **Lisp:** Λίστες, συναρτήσεις, αυτόματη διαχείριση μνήμης
 - **Smalltalk:** Αντικείμενα και μέθοδοι, επικοινωνία με μηνύματα
 - **Java:** Αντικείμενα, ενδοσκόπηση (reflection), ασφάλεια, JVM
 - Άλλες: Ιστοσελίδες, βάσεις δεδομένων
- Θεωρητική θεμελίωση
 - Τυπικές γλώσσες, λ-λογισμός, θεωρία τύπων, σημασιολογία

Θέματα Σχεδιασμού Γλωσσών Σύνταξη και Σημασιολογία

Σύνταξη και σημασιολογία

- Σύνταξη γλωσσών προγραμματισμού: πώς δείχνουν τα προγράμματα στο χρήστη, τι μορφή και τι δομή έχουν
 - Η σύνταξη συνήθως ορίζεται με χρήση κάποιας τυπικής γραμματικής
- Σημασιολογία γλωσσών προγραμματισμού: τι κάνουν τα προγράμματα, ποια (ακριβώς) είναι η συμπεριφορά τους
 - Η σημασιολογία είναι πιο δύσκολη να ορισθεί από τη σύνταξη
 - Υπάρχουν διάφοροι τρόποι ορισμού της σημασιολογίας

Σύνταξη και σημασιολογία: Παραδείγματα

- Φράση λεκτικά λάθος
οπα πάς οπα χύσέ φαγ επα χιάφα κή
- Φράση λεκτικά ορθή αλλά συντακτικά λάθος
ο παπάς ο φακή έφαγε παχιά παχύς
- Φράση συντακτικά (και λεκτικά) ορθή αλλά σημασιολογικά λάθος
ο παπάς ο παχιά έφαγε παχύς φακή
- Φράση συντακτικά και σημασιολογικά ορθή
ο παπάς ο παχύς έφαγε παχιά φακή

Λεκτική ανάλυση γλωσσών προγραμματισμού

- Η λεκτική ανάλυση δεν είναι τετριμμένο πρόβλημα γιατί οι γλώσσες προγραμματισμού συνήθως είναι πιο περίπλοκες λεκτικά από τα Ελληνικά

```
*p->f++ = -.12345e-6
```

- Άλλο παράδειγμα

```
float x, y, z;  
float * p = &z;  
x = y/*p;  
...
```

- Τι συμβαίνει σε αυτήν την περίπτωση;

/ στη C είναι ο συνδυασμός με τον οποίο αρχίζει ένα σχόλιο!*

Λεκτικές συμβάσεις στις γλώσσες

- Η C είναι γλώσσα *ελεύθερης μορφής* (*free-form*) όπου τα κενά απλώς διαχωρίζουν τις λεκτικές μονάδες (tokens). Ποια από τα παρακάτω είναι τα ίδια;

```
1+2  
1 + 2
```

```
foo bar  
foobar
```

```
return this  
returnthis
```

- Τα κενά θεωρούνται σημαντικά σε μερικές γλώσσες. Για παράδειγμα, η γλώσσα Python χρησιμοποιεί στοίχιση (indentation) για ομαδοποίηση, οπότε τα παρακάτω είναι διαφορετικά:

```
if x < 3:  
    y = 2  
    z = 1
```

```
if x < 3:  
y = 2  
z = 1
```

Δήλωση λεκτικών μονάδων

- Πώς δηλώνονται οι λεκτικές μονάδες;
 - Λέξεις κλειδιά (keywords) - μέσω συμβολοσειρών (strings)
 - Πώς ορίζονται τα ονόματα των μεταβλητών (identifiers);
 - Πώς ορίζονται οι αριθμοί κινητής υποδιαστολής;
- Κανονικές εκφράσεις (regular expressions)
 - Ένας εύχρηστος τρόπος να ορίσουμε σειρές από χαρακτήρες
 - Χρησιμοποιούνται ευρέως: grep, awk, perl, κ.λπ..
- Παραδείγματα:
 - **'0'** - ταιριάζει μόνο με το χαρακτήρα 0 (μηδέν)
 - **'0'|'1'** - ταιριάζει με μηδέν ή με ένα
 - **'0'|'1'|'2'|'3'|'4'|'5'|'6'|'7'|'8'|'9'** - ταιριάζει με ψηφία
 - **[0-9]** - το ίδιο με το παραπάνω αλλά σε πιο συμπαγή μορφή
 - **[0-9]*** - σειρά από ψηφία (πιθανώς κενή)

Θέματα σχεδιασμού λεκτικών μονάδων

- Ακέραιοι αριθμοί (π.χ. 10)
 - Οι αρνητικοί ακέραιοι είναι μία λεκτική μονάδα ή όχι;
- Χαρακτήρες (π.χ. 'a')
 - Πώς αναπαρίστανται οι μη εκτυπώσιμοι χαρακτήρες ή το ' ;
- Αριθμοί κινητής υποδιαστολής (π.χ. 3.14e-5)
 - Τι συμβαίνει με αριθμούς που δεν αναπαρίστανται κατά IEEE;
- Συμβολοσειρές (π.χ. "hello world")
 - Πώς αναπαρίσταται ο χαρακτήρας " ;

Σύνταξη γλωσσών προγραμματισμού

- Συγκεκριμένη σύνταξη (concrete syntax)
 - Ποια είναι τα ακριβή σύμβολα (χαρακτήρες ή άλλες αναπαραστάσεις) με χρήση των οποίων γράφεται το πρόγραμμα;
- Αφηρημένη σύνταξη (abstract syntax)
 - Μια αφαίρεση της συγκεκριμένης σύνταξης η οποία είναι η λογική αναπαράσταση της γλώσσας
 - Πιο συγκεκριμένα:
 - Μη διαφορούμενη: δεν εγείρεται θέμα για τη σημασιολογία των προγραμμάτων
 - Μια σύνταξη πιο κοντά στο "τι σημαίνει" το πρόγραμμα
 - Συχνά κάτι που χρησιμοποιείται από το μεταγλωττιστή (compiler) ή το διερμηνέα (interpreter) της γλώσσας

Συγκεκριμένη και αφηρημένη σύνταξη

Παράδειγμα 1

```
while i < N do
begin
  i := i + 1
end
```

Pascal

```
while (i < N)
{
  i = i + 1;
}
```

C/C++

- Τα παραπάνω προγράμματα κάνουν το ίδιο πράγμα
- Η συγκεκριμένη σύνταξή τους διαφέρει σε αρκετά σημεία
- Η αφηρημένη τους σύνταξη είναι η ίδια
- Η σημασιολογία τους είναι η ίδια

```
while i < N
  i = i + 1
```

Πιθανή αφηρημένη σύνταξη

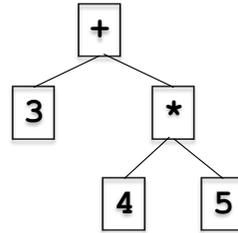
Συγκεκριμένη και αφηρημένη σύνταξη

Παράδειγμα 2

- Infix: $3 + (4 * 5)$
- Prefix: $(+ 3 (* 4 5))$
- Postfix: $3 4 5 * +$

Οι παραπάνω εκφράσεις έχουν

- Διαφορετική συγκεκριμένη σύνταξη
- Την ίδια αφηρημένη σύνταξη (το συντακτικό δένδρο που φαίνεται δίπλα)



Σύνταξη και θέματα σχεδιασμού γλωσσών (1)

- Είναι σημαντική η σύνταξη των γλωσσών;
 - Και ναι και όχι
- Η σημασιολογία των γλωσσών είναι πιο σημαντική
- Όμως η σύνταξη μιας γλώσσας είναι στενά συνδεδεμένη με την αισθητική - και θέματα αισθητικής είναι σημαντικά για τους ανθρώπους
- Η “φλουαρία” παίζει σημαντικό ρόλο - συνήθως το μικρότερο πρόγραμμα είναι προτιμότερο
- Όμως και το πολύ μικρό μέγεθος είναι προβληματικό:
 - Η APL είναι συμπαγής γλώσσα με δικό της σύνολο χαρακτήρων αλλά τα προγράμματά της καταλήγουν να είναι δυσνόητα

Σύνταξη και θέματα σχεδιασμού γλωσσών (2)

- Είναι σημαντικό η σύνταξη να μην οδηγεί σε σφάλματα
- Κλασικό παράδειγμα: FORTRAN

```
DO 5 I = 1,25 ! Loop header (for i = 1 to 25)
DO 5 I = 1.25 ! Assignment to variable D05I
```

“Consistently separating words by spaces became a general custom about the tenth century A.D., and lasted until about 1957, when FORTRAN abandoned this practice.”
– Sun FORTRAN Reference Manual

Σύνταξη και θέματα σχεδιασμού γλωσσών (3)

- Είναι σημαντικό η σύνταξη να μην οδηγεί σε σφάλματα
- Άλλο παράδειγμα: προσπάθεια χρησιμοποίησης της ήδη υπάρχουσας σύνταξης της C στη C++ (πριν τη C++11)

```
vector< vector<int> > foo;
vector<vector<int>> foo; // Syntax error
```

Το συντακτικό λάθος συμβαίνει γιατί η C θεωρεί τις λεκτικές μονάδες > και >> διαφορετικούς τελεστές

```
MyArray< MyArray<int, 16 >> 2>, 5 > a;
// This became a syntax error with C++11!
```

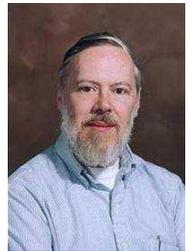
Οι επιλογές σχεδιασμού της γλώσσας C

“C: a programming language which combines the power of assembly language with the flexibility of assembly language.”

“C is quirky, flawed, and a tremendous success.”
– Dennis Ritchie

Η ιστορία και οι επιλογές της C

- Αναπτύχθηκε μεταξύ 1969 και 1973 μαζί με το Unix από τον Dennis Ritchie
- Σχεδιάστηκε για προγραμματισμό συστήματος
 - Λειτουργικά συστήματα
 - Εργαλεία υποστήριξης / μεταγλωττιστές
 - Φίλτρα / Ενσωματωμένα συστήματα
- Η μηχανή ανάπτυξης (DEC PDP-11) είχε
 - 24K bytes μνήμη - από τα οποία 12K για το OS
- Πολλά στοιχεία της C λόγω έλλειψης μνήμης
 - Μεταγλωττιστής ενός περάσματος
 - Συναρτήσεις ενός επιπέδου (χωρίς φώλιασμα)



Μετατροπές (conversions)

- Η C ορίζει κάποιες αυτόματες μετατροπές :
 - Ένας `char` μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως `int`
 - Η αριθμητική κινητής υποδιαστολής πάντα γίνεται με `doubles` (Οι `floats` προάγονται αυτόματα σε `doubles`)
 - Οι `int` και `char` μπορούν να μετατραπούν σε `float` ή σε `double` και αντίστροφα (Το αποτέλεσμα είναι απροσδιόριστο όταν υπάρχει υπερχειλίση)
 - Η πρόσθεση ενός αριθμού (`int`) σε ένα δείκτη (`pointer`) δίνει αποτέλεσμα ένα δείκτη
 - Η αφαίρεση δύο δεικτών σε αντικείμενα του ίδιου (πάνω-κάτω) τύπου δίνει ως αποτέλεσμα έναν ακέραιο (`int`)

Πίνακες (arrays) και δείκτες (pointers) στη C

- Ένας πίνακας χρησιμοποιείται σαν να είναι ένας δείκτης στο πρώτο στοιχείο
- $E1[E2]$ είναι ισοδύναμο με $*(E1 + E2)$
- Οι αριθμητικές πράξεις με δείκτες δεν είναι κάτι που υπάρχει στις άλλες γλώσσες προγραμματισμού

Δηλωτές (declarators) της C

- Οι δηλώσεις έχουν τη μορφή:

```
static unsigned int * (*f[10])(int, char*);
```

specifiers declarator

- Οι δηλωτές συντακτικά μοιάζουν πολύ με τις εκφράσεις: χρησιμοποιούνται για να επιστρέψουν το βασικό τύπο
- Συντακτικά ίσως το χειρότερο χαρακτηριστικό της C: διότι συνδυάζει τόσο prefix τελεστές (pointers) όσο και postfix τελεστές (arrays, functions)

```
cdecl> explain static unsigned int * (*f[10])(int, char*);
declare f as static array 10 of pointer to function (int,
pointer to char) returning pointer to unsigned int
```

Δηλώσεις συναρτήσεων (προ ANSI C)

Είχαν τη γενική μορφή

type-specifier declarator (parameter-list)

type-decl-list

```
{
  declaration-list
  statement-list
}
```

Για παράδειγμα

```
int max(a, b, c)
int a, b, c;
{
  int m;
  m = (a > b) ? a : b ;
  return m > c ? m : c ;
}
```

Επιλογές σχεδιασμού της C

- Οι πρώτοι compilers της C δεν έλεγχαν τον αριθμό και τον τύπο των ορισμάτων των συναρτήσεων
- Η μεγαλύτερη αλλαγή που έγινε στη C όταν αυτή έγινε ANSI standard ήταν η απαίτηση οι συναρτήσεις να ορίζουν τους τύπους των παραμέτρων τους

```
int f();

int f(a, b, c)
int a, b;
double c;
{ ... }
```

Παλιό στυλ δηλώσεων

```
int f(int, int, double);

int f(int a, int b, double c)
{ ... }
```

Νέο στυλ δηλώσεων

Δηλώσεις δεδομένων στη C

- Έχουν τη μορφή

type-specifier init-declarator-list ;

declarator optional-initializer

- Οι αρχικοποιητές (initializers) μπορεί να είναι σταθερές, ή σταθερές εκφράσεις οι οποίες διαχωρίζονται με κόμματα και είναι κλεισμένες σε αγκύλες
- Παραδείγματα:
 - int a;
 - struct { int x; int y; } b = { 1, 2 };
 - float a, *b, c = 3.14;

Κανόνες εμβέλειας (scope rules)

Δύο είδη εμβέλειας στη C:

1. Λεκτική εμβέλεια

- Βασικά, το μέρος του προγράμματος όπου δεν υπάρχουν λάθη αδήλωτων μεταβλητών ("undeclared identifier" errors)

2. Εμβέλεια των external identifiers

- Όταν δύο identifiers σε διαφορετικά αρχεία αναφέρονται στο ίδιο αντικείμενο.
- Π.χ., μια συνάρτηση που είναι ορισμένη σε ένα αρχείο καλείται από μια συνάρτηση σε ένα άλλο αρχείο.



Λεκτική εμβέλεια

- Εκτείνεται από το σημείο ορισμού στο αντίστοιχο } ή στο τέλος του αρχείου

```
int a;

int foo()
{
    int b;
    if (a == 0) {
        printf("a was 0");
    }
    b = a; /* OK */
}

int bar()
{
    a = 3; /* OK */
    b = 2; /* Error: b out of scope */
}
```

Εμβέλεια των external δηλώσεων

file1.c

```
int x;

int foo()
{
    bar(); /* Warning */
    x = 1; /* OK */
}

int bar()
{
    foo(); /* OK */
}
```

file2.c

```
int boo()
{
    foo(); /* Warning */
    x = 2; /* Error */
}

extern int foo();
extern int x;

int baz()
{
    foo(); /* OK */
    x = 3; /* OK */
}
```

Ο προεπεξεργαστής της C

- Έρχεται σε αντίθεση με την ελευθέρως μορφής φύση της C: οι γραμμές του προεπεξεργαστή *πρέπει να αρχίζουν με το χαρακτήρα #*
- Το κείμενο του προγράμματος περνάει μέσα από τον προεπεξεργαστή πριν εισαχθεί στο μεταγλωττιστή

Αντικατάσταση ενός identifier:

define identifier token-string

Αντικατάσταση μιας γραμμής με τα περιεχόμενα ενός αρχείου:

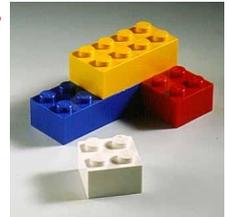
include "filename"



Header file	Περιγραφή	Τυπική χρήση
<assert.h>	Generate runtime errors	<code>assert(a>0)</code>
<ctype.h>	Character classes	<code>isalpha(c)</code>
<errno.h>	System error numbers	<code>errno</code>
<float.h>	Floating-point constants	<code>FLT_MAX</code>
<limits.h>	Integer constants	<code>INT_MAX</code>
<locale.h>	Internationalization	<code>setlocale(...)</code>
<math.h>	Math functions	<code>sin(x)</code>
<setjmp.h>	Non-local goto	<code>setjmp(jb)</code>
<signal.h>	Signal handling	<code>signal(SIGINT, &f)</code>
<stdarg.h>	Variable-length arguments	<code>va_start(ap, st)</code>
<stddef.h>	Some standard types	<code>size_t</code>
<stdio.h>	File I/O, printing	<code>printf("%d", i)</code>
<stdlib.h>	Miscellaneous functions	<code>malloc(1024)</code>
<string.h>	String manipulation	<code>strcmp(s1, s2)</code>

“Language design is library design.”

– Bjarne Stroustrup



- Τα περισσότερα προγράμματα φτιάχνονται από συναρμολογούμενα κομμάτια
- Μια από τις κύριες δυσκολίες στο σχεδιασμό γλωσσών είναι το πως τα κομμάτια αυτά μπορούν να βρεθούν μαζί και να συνυπάρξουν *αρμονικά* και *σωστά*