Προγραμματισμός σε C

Πράξεις με bits
(bitwise operators)

Όλοι οι τελεστές για πράξεις με bits

Τελεστής	Περιγραφή
x & y	AND bit-προς-bit
x | y	OR bit-προς-bit
x ^ y	XOR bit-προς-bit
~ x	Αντιστροφή των bits ενός αριθμού
x << n	Binary Left Shift Operator. Αριστερή μετατόπιση των bits ενός κατά n θέσεις.
x >> n	Binary Right Shift Operator. Δεξιά μετατόπιση των bits ενός κατά n θέσεις.

Παράδειγμα

```
int main() {
  unsigned int a = 60;  /* 60 = 0011 1100 */
  unsigned int b = 13;  /* 13 = 0000 1101 */

  int c = 0; c = a & b; /* 12 = 0000 1100 */
  printf("Line 1 - Value of c is %d\n", c );

  c = a | b; /* 61 = 0011 1101 */
  printf("Line 2 - Value of c is %d\n", c );

  c = a ^ b; /* 49 = 0011 0001 */
  printf("Line 3 - Value of c is %d\n", c );

  c = ~a; /*-61 = 1100 0011 */
  printf("Line 4 - Value of c is %d\n", c );

  c = a << 2; /* 240 = 1111 0000 */
  printf("Line 5 - Value of c is %d\n", c );

  c = a >> 2; /* 15 = 0000 1111 */
  printf("Line 6 - Value of c is %d\n", c );
  return 0;
}
```

```
Line 1 - Value of c is 12
Line 2 - Value of c is 61
Line 3 - Value of c is 49
Line 4 - Value of c is -61
Line 5 - Value of c is 240
Line 6 - Value of c is 15
```

Άλλα παραδείγματα

- Ο αριθμός **0…00100…0** (k μηδενικά στα δεξιά του 1) – ποιος είναι;
  - Είναι ο 2^k. Πώς τον φτιάχνω;

```
x = (1 << k);
```

- Ο αριθμός **1…11011…1** (k μονάδες στα δεξιά του 0) – πώς τον φτιάχνω;

```
x = ~(1 << k);              /* Αντιστρέφω τα bits του 0…00100…0 */
```

- Ο αριθμός **0…00111…1** (k μονάδες) – πώς τον φτιάχνω;
  - Πρόκειται για τον αριθμό 0…00100…0 (k μηδενικά στα δεξιά του 1) **ΜΕΙΟΝ 1**

```
x = (1 << k) - 1;           /* 2-to-k minus 1 */
```

- Διαίρεση δια / πολλαπλασιασμός επί 2^n:

```
x = x >> n; y = y << n; /* <<1 είναι πολ/μός επί 2 */
```

- Κάνε το 1ο bit (από δεξιά) ίσο με 1:

```
x = x | 1;          /* OR  με το 0…001 */
```

- Κάνε το 1ο bit (από δεξιά) ίσο με 0:

```
x = x & (~1);       /* AND με το 1…110 */
```

- Έλεγχος αν ο αριθμός είναι περιττός:

```
if (x & 1)          /* TRUE αν το 1ο bit είναι 1 (περιττός) */
```

Κι άλλα παραδείγματα («μάσκες»)

- Οι μάσκες είναι αριθμοί που χρησιμοποιούνται για να εξάγουμε ή να θέσουμε σε κάποια τιμή τα bits ενός άλλου αριθμού.
- Ποιο είναι το λιγότερο σημαντικό bit ενός x?

```
y = x & 1;                  /* AND με το 000…01 (μάσκα) */
```

- Το 1ο byte ενός ακεραίου

```
y = x & 255;                /* AND με το 000…011111111 */
y = x & 0xFF;               /* ισοδύναμο */
```

- Το 2ο byte ενός ακεραίου

```
y = (x >> 8) & 0xFF;        /* ολίσθηση δεξιά 8 θέσεις */
```

- **Θέσε** το 6ο bit από δεξιά ίσο με 1:

```
x = x | 32;          /* OR  με το 32 = 2^5 = 000…0100000 */
```

- **Μηδένισε** το 6ο bit:

```
x = x & (~32);       /* AND με το 111…1011111 */
```

- **Αντέστρεψε** το 6ο bit:

```
x = x ^ 32;          /* XOR με το 000…0100000 */
```

Προγραμματισμός σε C

Απαριθμήσεις (enum)

Απαριθμήσεις (enums)

- Φανταστείτε ότι θέλουμε να ορίσουμε πολλές ακέραιες σταθερές με συνεχόμενες τιμές. Πώς το επιτυγχάνουμε αυτό; Με πολλά #define.
- Παράδειγμα: μία μεταβλητή φυλάει την ημέρα της εβδομάδας:

```
#define MON 1
#define TUE 2
#define WED 3
#define THU 4
#define FRI 5
#define SAT 6
#define SUN 7

int main() {
   int day = SUN;
   ...
}
```

Απαριθμήσεις (enum)

- Η C παρέχει τις απαριθμήσεις (enum) για ευκολότερο ορισμό. Πρόκειται για σύνολο συγκεκριμένων ακέραιων σταθερών.
- Βελτιώνει την αναγνωσιμότητα και δομή του προγράμματος μιας και φαίνεται σαν να είναι νέος τύπος δεδομένων (δεν είναι, είναι ακέραιοι)
- Για το προηγούμενο παράδειγμα:

```
/* Ορισμός του enum */
enum weekday { MON = 1, TUE, WED, THU, FRI, SAT, SUN };

int main() {
   enum weekday day = WED;     /* Δήλωση μεταβλητής */
   ...
   if (day != SUN) day++;
   ...
}
```

Enum

- Αν δεν οριστεί τιμή για το πρώτο στοιχείο του συνόλου τότε θεωρείται ότι είναι το 0
- Μπορούμε να δώσουμε ότι τιμές θέλουμε στις σταθερές. Αν δεν δώσουμε, τότε συνεχίζουν από την τελευταία +1 κάθε φορά.
  - Π.χ. στο παρακάτω, τα third και fourth είναι το 5 και 6 αντίστοιχα:

```
enum ival { first=1, second = 4, third, fourth };
```

- Μπορεί να χρησιμοποιηθεί και με typedef:

```
enum weekday { MON = 1, TUE, WED, THU, FRI, SAT, SUN };
typedef enum weekday weekday_t;

int main() {
   weekday_t day = WED;
   ...
}
```

Παραδείγματα με enum

- Ψευτο-boolean:

```
enum bool { FALSE, TRUE };
typedef enum bool boolean;
int main() {
  boolean x;
  x = TRUE;
}
```

- Έχουν διαφορά τα δύο παρακάτω?

```
A) enum weekday { MON = 1, TUE, WED, THU, FRI, SAT, SUN };
B) enum { MON = 1, TUE, WED, THU, FRI, SAT, SUN } weekday;
```

- ΝΑΙ, το Α) ορίζει μία νέα απαρίθμηση και της δίνει το όνομα «weekday» ενώ το Β) ορίζει μία ***μεταβλητή*** «weekday» τύπου απαρίθμησης (όπως και τα `struct`, έτσι και τα `enum` επιτρέπεται να μην έχουν όνομα).

Προγραμματισμός σε C

Συναρτήσεις με μεταβλητό πλήθος ορισμάτων (Variadic functions)

MYY502

Συναρτήσεις με ακαθόριστο πλήθος παραμέτρων

- "Variadic"
- Π.χ. η `printf()`. Πόσα ορίσματα παίρνει;

- Στη C μπορούμε να ορίσουμε συναρτήσεις με άγνωστο πλήθος παραμέτρων/ορισμάτων.
  - Όμως πρέπει να υπάρχει τουλάχιστον 1 παράμετρος (δεν γίνεται να μην έχει καμία).

- Απαιτείται η χρήση του `#include <stdarg.h>`
  - Παλιά χρησιμοποιούσαμε το `<varargs.h>` αλλά όχι πλέον

Ορισμός συνάρτησης variadic

- Ορίζονται όπως όλες οι συναρτήσεις, όμως έχουμε δύο είδη παραμέτρων:
  - Πρώτα είναι οι **ΥΠΟΧΡΕΩΤΙΚΕΣ** παράμετροι (τουλάχιστον 1)
  - Στη συνέχεια τοποθετούνται οι **ΠΡΟΑΙΡΕΤΙΚΕΣ** (άγνωστο πλήθος), **απλά βάζοντας τρεις τελείες**:

```
int sum(int n, ...) { /* το n υποχρεωτικό */
   <κώδικας>
}
```

Κλήση συνάρτησης variadic

- Ακριβώς όπως οι κανονικές συναρτήσεις με όσες παραμέτρους θέλουμε (τουλάχιστον όσες και οι υποχρεωτικές):

```
int sum(int n, ...) { /* το n υποχρεωτικό */
   <κώδικας>
}

int main() {
  x = sum(2, 3, 5);      /* Άθροισε 2 αριθμούς */
  y = sum(4, 1, 5, 7, 9); /* Άθροισε τέσσερις */
  return 0;
}
```

Μέσα στη συνάρτηση;

- Για να μπορέσουμε να βρούμε τις μη-υποχρεωτικές παραμέτρους, πρέπει να ορίσουμε μία μεταβλητή τύπου "va_list" και να την αρχικοποιήσουμε με την κλήση va_start():

```
int sum(int n, ...) {    /* το n υποχρεωτικό */
   va_list args;
   int sum = 0;

   /* Αρχικοποίηση βάζοντας το όνομα της τελευταίας
      υποχρεωτικής παραμέτρου */
   va_start(args, n);

   <κώδικας>
}
```

Μη υποχρεωτικές παράμετροι

- Η προσπέλαση των παραμέτρων αυτών γίνεται η μία μετά την άλλη, συνήθως μέσα σε ένα loop. Για να πάρω την τιμή της επόμενης τέτοιας παραμέτρου, χρησιμοποιώ την `va_arg()` όπου είναι υποχρεωτικό να γνωρίζω και να αναγράψω τον ΤΥΠΟ της!

- Πριν την επιστροφή, πρέπει `va_end()`.

```
int sum(int n, ...) {     /* το n υποχρεωτικό */
   va_list args;
   int i, sum = 0, t;

   va_start(args, n);     /* Αρχικοποίηση */
   for (i = 0; i < n; i++) {
      t = va_arg(args, int);
      sum += t;
   }
   va_end(args);          /* Τέλος */
   return (sum);
}
```

Σημειώσεις

- Πρέπει πάντα με κάποιο τρόπο να γνωρίζω το πλήθος των παραμέτρων αλλιώς μπορεί να «κρασάρει» το πρόγραμμα αν χρησιμοποιήσω την `va_arg()` και:
  - Οι παράμετροι έχουν τελειώσει ή
  - Η παρέμετρος δεν είναι του τύπου που βάλαμε στην `va_arg()`

- Για αυτό συνήθως
  - *η πρώτη παράμετρος φροντίζει να καθορίζει πόσα είναι τα ορίσματα* ή
  - *βάζω στο τέλος μία παράμετρο-«σημάδι» ώστε αν φτάσω εκεί να τελειώσω.*

Προγραμματισμός σε C

Δείκτες σε συναρτήσεις
(function pointers)

MYY502

Δείκτες σε συνάρτηση

- Η C επιτρέπει να έχουμε δείκτες που δείχνουν σε *συναρτήσεις*!
- Δηλώνονται ως:

```
<τύπος επιστροφής> (*όνομα)(<παράμετροι>);
```

- Πού χρησιμεύουν; Παράδειγμα: θέλω να κάνω μία συνάρτηση `update()` η οποία αλλάζει τα στοιχεία ενός πίνακα.
  - Κάποιες φορές θέλω να τριπλασιάζονται οι τιμές των στοιχείων.
  - Κάποιες άλλες φορές θέλω να αντιστρέφονται οι τιμές των στοιχείων.
  - Κάποιες άλλες φορές θέλω να αλλάζουν πρόσημο
  - Κλπ κλπ.

  - Πρέπει να κάνω διαφορετικές εκδόσεις της `update()` οι οποίες κάνουν ακριβώς τα ίδια πράγματα – διαφέρουν μόνο στην πράξη που κάνουν σε κάθε στοιχείο.

Πολλά αντίγραφα της update()

```
void update_triple(int n, float x[]) {
   int i;
   for (i = 0; i < n; i++)
      x[i] = 3*x[i];
}

void update_inverse(int n, float x[]) {
   int i;
   for (i = 0; i < n; i++)
      x[i] = 1/x[i];
}

void update_revsign(int n, float x[]) {
   int i;
   for (i = 0; i < n; i++)
      x[i] = -x[i];
}
```

- Όλα τα αντίγραφα είναι ολόιδια (εκτός από την πράξη στο κάθε στοιχείο του πίνακα).

Ευκολία: δείκτης σε συνάρτηση

- Κάνω *μόνο 1 έκδοση της update()* και βάζω ως επιπλέον όρισμα τη λειτουργία που πρέπει να γίνει στα στοιχεία. Οι λειτουργίες υλοποιούνται με ξεχωριστές συναρτήσεις:

```
float triple(float f)  { return (3*f); }
float inverse(float f) { return (1/f); }
float revsign(float f) { return (-f); }

void update(int n, float x[], float (*operation)(float)) {
   int i;
   for (i = 0; i < n; i++)
      x[i] = (*operation)(x[i]);  /* Ή ισοδύναμα: operation(x[i]) */
}

int main()
{
  float array[5] = { 1.5, 2.5, 3.5, 4.5, 5.5 };
  float (*func)(float);   /* Μεταβλητή func – δείκτης σε συνάρτηση */

  func = triple;          /* Δείχνει στη συνάρτηση triple */
  update(5, array, func);
  func = inverse;         /* Δείχνει στη συνάρτηση inverse */
  update(5, array, func);
  update(5, array, revsign);
  return 0;
}
```

Έτοιμη συνάρτηση στο stdlib.h

- Quicksort:

```
void qsort(void *start, int numelems, int size,
           int (*compare)(void *, void *));
```

- Παράδειγμα κώδικα για ταξινόμηση ακεραίων κατά αύξουσα σειρά :

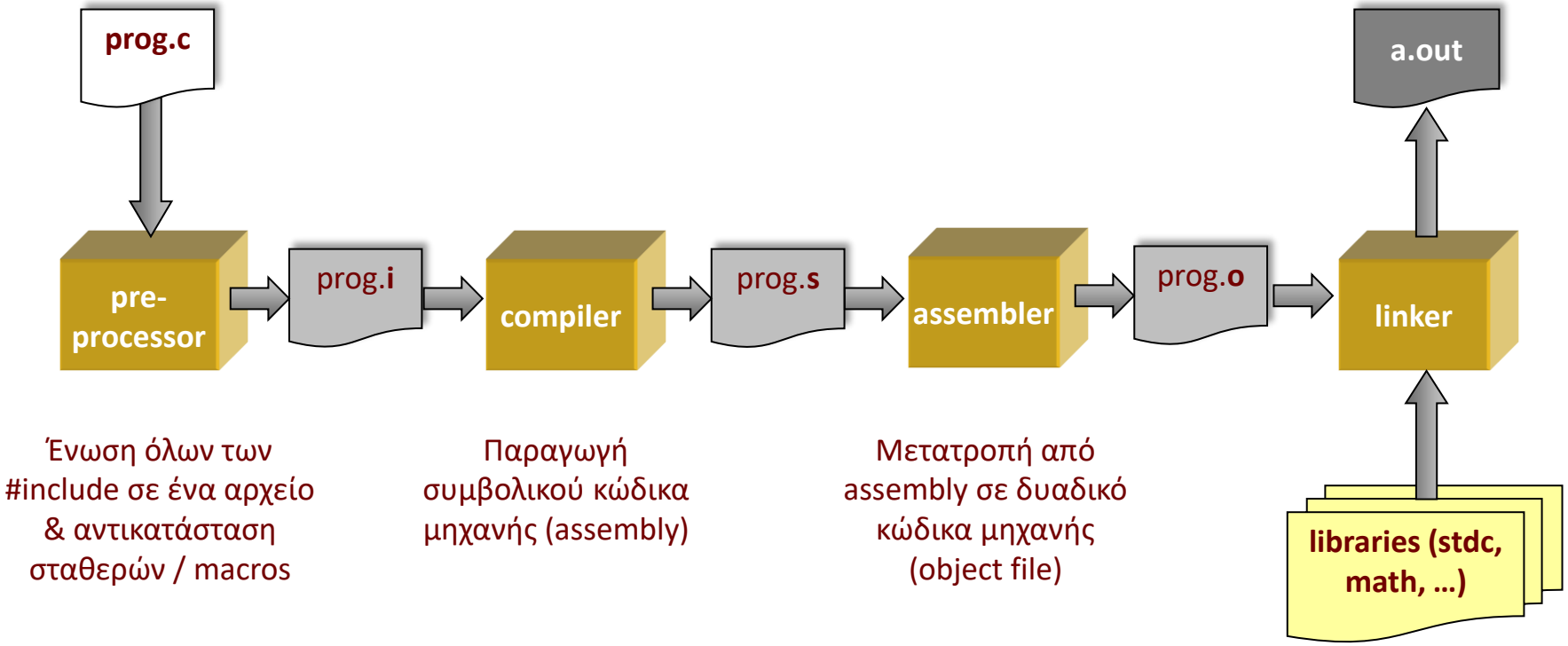
```
 /* Πρέπει να επιστρέφει (όπως η strcmp()):
       0 αν ίσα, < 0 αν a < b και > 0 αν a > b */
int cmp(void *a, void *b) {
   int x = *((int *) a),
   int y = *((int *) b);
   return ( x-y );
 }

int main(int argc, char *argv[]) {
   int array[100];
   ...
   qsort(array, 100, sizeof(int), cmp);
   ...
}
```

Προγραμματισμός σε C

Προχωρημένος προεπεξεργαστής
(C preprocessor)

Διαδικασία/Αλυσίδα μετάφρασης (π.χ. gcc)

- Τι γίνεται ακριβώς όταν μεταφράζεται ένα prog.c??



- Όλα τα ενδιάμεσα αρχεία μπορείτε να τα δείτε με: **`gcc --save-temps prog.c`**
- Για να τρέξει μέχρι τον preprocessor: **`gcc -E prog.c`**
- Για να τρέξει μέχρι τον compiler: **`gcc -S prog.c`**
- Για να τρέξει μέχρι τον assembler: **`gcc -c prog.c`**

Preprocessor

1. «Πετάει» όλα τα σχόλια.
2. Ενώνει το πρόγραμμά μας μαζί με όλα τα αρχεία που κάνουμε #include σε ΕΝΑ αρχείο
3. Κάνει αντικατάσταση των σταθερών / macros (#define) που έχουμε στο πρόγραμμά μας
4. Το τελικό αποτέλεσμα τοποθετείται στο αρχείο prog.i
5. Το prog.i είναι αυτό που μεταφράζεται τελικά!

❖ Παρατηρήσεις:

- Οι σταθερές αντικαθίστανται ΠΡΙΝ το compile – άρα ο μεταφραστής δεν τις γνωρίζει!
- Ο preprocessor έχει μία μίνι-γλώσσα δική του, η οποία μπορεί να χρησιμοποιηθεί για διάφορα προχωρημένα τεχνάσματα.

Απλός preprocessor

- Ορισμός σταθερών – και όχι μόνο!!

```
#define N        0
#define MINUS1   4-5     /* ΔΕΝ κάνει υπολογισμούς */
#define KEYBOARD stdin
#define then             /* τίποτε */
#define START    {
#define END      }
#define msg      "Please enter a positive number\n"
#define str      "hi!\n"
#define longloop for (i = 0; i < n; i++)\
                    printf("%d ", i)

int main()
START
  int n = MINUS1, i;

  fscanf(KEYBOARD, "%d", &n);
  if (n < N)
    then {
           printf(str);
           printf(msg);
         END
    else START
           printf(str);
           longloop;
         }
  return 0;
END
```

Αποτέλεσμα preprocessor (.i)

```
int main()
{
  int n = 4-5, i;

  fscanf(stdin, "%d", &n);
  if (n < 0) {
       {
         printf("hi!\n");
         printf("Please enter a positive number\n");
       }
  else {
         printf("hi!\n");
         for (i = 0; i < n; i++) printf("%d ", i) ;
       }
  return 0;
}
```

Προχωρώντας … macros με παραμέτρους

- Macro: παραμετροποιημένη έκφραση / αντικατάσταση

```
#define inch2cm(i) i*2.54
#define Square(x) x*x
int main() {
  int   a, b;
  float l;
  a = Square(4);
  b = Square(a);
  l = inch2cm(2.0);
  ...
}
```

Αποτέλεσμα preprocessor (.i)

```
int main() {
  int   a, b;
  float l;
  a = 4*4;
  b = a*a;
  l = 2.0*2.54;
  ...
}
```

- ΔΕΝ ΕΙΝΑΙ ΣΥΝΑΡΤΗΣΕΙΣ! Η αντικατάσταση γίνεται άμεσα (πριν τη μετάφραση).
- Το «όρισμα» της μακροεντολής αντικαθίσταται ως έχει
  - Αυτό δημιουργεί προβλήματα και θέλει προσοχή!

Παράμετροι και παρενθέσεις

❖ Τι θα γίνει παρακάτω;

```
#define Square(x) x*x

int main() {
  int a, b;
  a = Square(2+2);
  ...
}
```

Αποτέλεσμα preprocessor (.i)

```
int main() {
  int a, b;
  a = 2+2*2+2;   /* 8 (όχι 16!) */
  ...
}
```

❖ **ΠΑΝΤΑ ΠΡΕΠΕΙ ΝΑ ΒΑΖΟΥΜΕ ΠΑΡΕΝΘΕΣΕΙΣ ΣΤΙΣ ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΥΣ, όπου αυτές εμφανίζονται στον ορισμό του macro.**

Παράμετροι και παρενθέσεις

❖ Τι θα γίνει παρακάτω;

```
#define Square(x) (x)*(x)
#define Double(x) (x)+(x)

int main() {
  int a, b;
  a = Square(2+2);
  b = Square(-1);
  a = Double(a+b);
  b = 5*Double(a);
  ...
}
```

Αποτέλεσμα preprocessor (.i)

```
int main() {
  int a, b;
  a = (2+2)*(2+2);    /* Σωστό */
  b = (-1)*(-1);      /* Σωστό */
  a = (a+b)+(a+b)     /* Σωστό */
  b = 5*(a)+(a)       /* !!! */
  ...
}
```

❖ Όταν πρέπει, **ΒΑΖΟΥΜΕ ΠΑΡΕΝΘΕΣΕΙΣ ΚΑΙ ΣΕ ΟΛΗ ΤΗΝ ΕΚΦΡΑΣΗ ΤΟΥ MACRO**

```
#define Double(x) ((x)+(x))
```

Μακροεντολές, συνέχεια…

- Με περισσότερα ορίσματα:

```
#define max(a,b) ( ((a) > (b)) ? (a) : (b) )

int min(int a, int b) {
   return ( (a < b) ? a : b );
}

int main() {
  int x = 4, y = 5;
  x = max(x,y);
  y = min(x,y);
  return 0;
}
```

Αποτέλεσμα preprocessor (.i)

```
int min(int a, int b) {
   return ( (a < b) ? a : b );
}

int main() {
  int x = 4, y = 5;
  x = ( ((x) > (y)) ? (x) : (y) );
  y = min(x,y);
  return 0;
}
```

- Macro ή συνάρτηση?
  - Εδώ η συνάρτηση είναι «χρονοβόρα» καθώς μεταφέρονται ορίσματα και γίνεται η κλήση της κατά τη διάρκεια εκτέλεσης του προγράμματος.
  - Το συγκεκριμένο macro μεταφράζεται άμεσα και ο υπολογισμός του γίνεται χωρίς κλήση σε συνάρτηση.
  - Το macro δεν γνωρίζει τύπους (και καλό και κακό…)

#undef

- Κατάργηση μίας σταθεράς / μακροεντολής από ένα σημείο και κάτω.

```
#define PI 3.14

int main() {
  double x, y;
  x = PI;
#undef PI
  y = PI;
  ...
}
```

Αποτέλεσμα preprocessor (.i)

```
int main() {
  double x, y;
  x = 3.14;

  y = PI;   /* Error: unknown
                      identifier */
  ...
}
```

Conditional compilation

- Πολλές φορές δεν γνωρίζουμε αν κάποιες σταθερές / συναρτήσεις υπάρχουν στο σύστημά μας. Π.χ. το NULL είναι ορισμένο κάπου? Το TRUE, το FALSE? Πρέπει να κάνουμε `#include` κάποιο header για να οριστεί?
- Αν πάμε και κάνουμε μόνοι μας π.χ. `#define NULL 0`, ενώ ήδη υπάρχει κάπου ορισμένο, τότε στην καλύτερη περίπτωση θα «γκρινιάξει» ο compiler για re-definition.
- Μπορούμε να κάνουμε κάτι για αυτό;
- Απάντηση: conditional compilation
  - Μπορούμε να ελέγχουμε αν κάτι έχει ήδη γίνει `#define` και να μην το ξανακάνουμε εμείς.
  - `#ifdef` / `#ifndef` / `#else` / `#endif`

Παραδείγματα conditional compilation

```
#ifdef FALSE
    /* Τίποτε */
#else
  #define FALSE 0
#endif

#ifndef TRUE
  #define TRUE 1
#endif

#ifdef __unix__                    /* Ανάλογα με το σύστημα */
  #include <unistd.h>
#else
  #ifdef _WIN32
     #include <windows.h>
  #endif
#endif
```

Γενικότερη σύνταξη

- Γενική σύνταξη

```
#if <condition>
   ...
#elif <condition>
   ...
#elif <condition>
   ...
...
#else
   ...
#endif
```

- Η συνθήκη είναι απλή έκφραση που εμπλέκει σταθερές συν το defined(). Παράδειγμα:

```
#if !defined(TRUE)    /* Ισοδύναμο με το #ifndef */
   #define TRUE 1
#endif
```

Γενικότερη σύνταξη

```
#if defined(NOTHING)
  #define DEBUG_LEVEL 0
#elif defined(SIMPLE) && !defined(ADVANCED)
  #define DEBUG_LEVEL 1
#elif defined(ADVANCED) || defined(Advanced)
  #define DEBUG_LEVEL 2
#else
  #define DEBUG_LEVEL 0
#endif

main() {
  ...
#if DEBUG_LEVEL==2
   printf("...
#endif
  ...
}
```

Τεχνική διατήρησης τμήματος κώδικα

- Θέλουμε το παρακάτω κομμάτι κώδικα να το «βάλουμε» σε σχόλια – δηλ. να μην το σβήσουμε (γιατί θα χρησιμοποιήσουμε στο μέλλον):

```
if (x > 0) { /* test for positive */
   ...
}
else {       /* negative */
   ...
}
```

- Πώς; Αν απλά το βάλουμε σε σχόλια `/* ... */`, θα προκύψει λάθος από τη μετάφραση μιας και ήδη έχουμε σχόλια μέσα στο τμήμα αυτό του κώδικα.
- «Κλασική» λύση:

```
#if 0        /* Πάντα false => δεν μεταφράζεται! */
if (x > 0) { /* test for positive */
   ...
}
else {       /* negative */
   ...
}
#endif
```