ΕΠΛ232 – Προγραμματιστικές Τεχνικές και Εργαλεία

Δυναμική Δέσμευση Μνήμης (Κεφάλαιο 17.1-17.4, ΚΝΚ-2ED)

Τμήμα Πληροφορικής, Πανεπιστήμιο Κύπρου

http://www.cs.ucy.ac.cy/courses/EPL232

Το μάθημα αυτό δομήθηκε βάση των διαλέξεων του Αναπλ. Καθηγητή Δημήτρη Ζεϊναλιπούρ

Περιεχόμενο Διάλεξης 9

- **Δυναμική Δέσμευση Μνήμης**
  - Συναρτήσεις Δέσμευσης Μνήμης
  - Δείκτες **NULL**
- **Δυναμικά Δεσμευμένες Συμβολοσειρές**
  - Συμβολοσειρές με Δυναμική Χορήγηση Μνήμης
  - Πίνακες Δυναμικά Δεσμευμένων Συμβολοσειρών
- **Αποδέσμευση Μνήμης**
  - Η συνάρτηση **free**
  - Το πρόβλημα του αιρούμενου δείκτη (dangling pointer)
- **Δυναμικά Δεσμευμένοι Πίνακες**
  - Συναρτήσεις malloc, calloc και realloc

Dr. Andreas Aristidou a.aristidou@ieee.org

Dynamic Storage Allocation

Δυναμική Δέσμευση Μνήμης

- Οι δομές δεδομένων σε C, συμπεριλαμβανομένων και των πινάκων, έχουν σταθερό μέγεθος.
- Οι δομές δεδομένων σταθερού μεγέθους αποτελούν πρόβλημα, δεδομένου ότι είμαστε αναγκασμένοι να επιλέξουμε τα μεγέθη τους κατά τη σύνταξη του προγράμματος.
- Η C υποστηρίζει τη ***Δυναμική Δέσμευση Μνήμης***: τη δυνατότητα δέσμευσης μνήμης κατά την εκτέλεση του προγράμματος.
- Χρησιμοποιώντας τη δυναμική δέσμευση μνήμης, μπορούμε να σχεδιάσουμε δομές δεδομένων που μεγαλώνουν (και συρρικνώνονται) κατά επιλογή του χρήστη.

Dr. Andreas Aristidou a.aristidou@ieee.org

Dynamic Storage Allocation

Δυναμική Δέσμευση Μνήμης

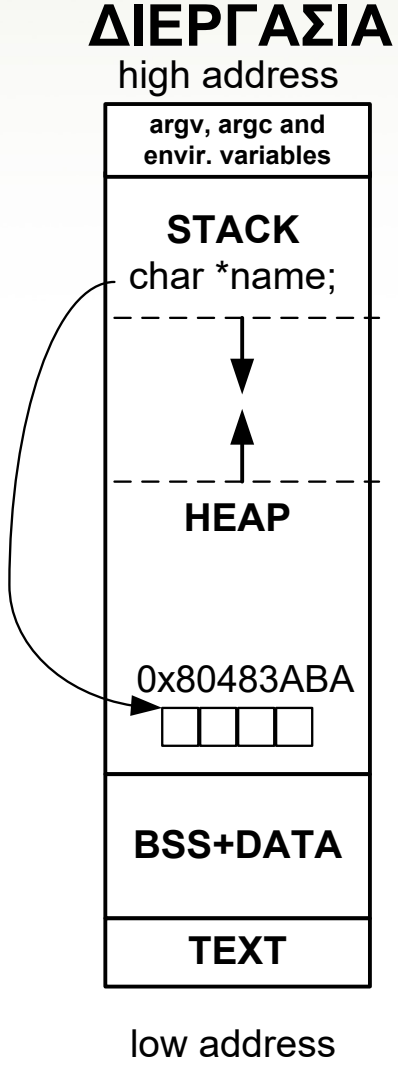
- **Δυναμική Δέσμευση Μνήμης:** Η διαδικασία κατά την οποία εκχωρείται **επιπλέον χώρος** σε μια **διεργασία (πρόγραμμα)** από τον **Πυρήνα**

- **Εφαρμογές:**
  - **Δέσμευση Μνήμης όταν απαιτείται και αποδέσμευση όταν δεν απαιτείται.**
  - Δημιουργία Πίνακα Μη-προκαθορισμένων διαστάσεων
  - Δημιουργία Συμβολοσειράς αυθαίρετου μεγέθους.
  - Δημιουργία σύνθετων δομών δεδομένων στη μνήμη (όπως λίστες, δέντρα, στοίβες, ουρές, κτλ.)
  - ….

Dr. Andreas Aristidou a.aristidou@ieee.org

Dynamic Storage Allocation
Δυναμική Δέσμευση Μνήμης

- Η μνήμη που εκχωρείται σε ένα πρόγραμμα (μέσω π.χ., malloc) είναι προσπελάσιμη μέσω της **σωρού (heap)** της.
- Η γενική φιλοσοφία είναι ότι οι **μεταβλητές τύπου δείκτη** από τη **στοίβα** του προγράμματος δείχνουν στο δεσμευμένο χώρο που εκχωρείται στο πρόγραμμα
  - Π.χ., char *name;
- Τα αντικείμενα μέσα στη σωρό είναι **προσπελάσιμα** από οποιοδήποτε συνάρτηση (σε οποιοδήποτε επίπεδο)
  - Κάνοντας χρήση της διεύθυνσης του αντικείμενου, π.χ., 0x80483AB η οποία αποθηκεύεται μέσα στο char *name;



Memory Allocation Functions

Συναρτήσεις Δέσμευσης Μνήμης

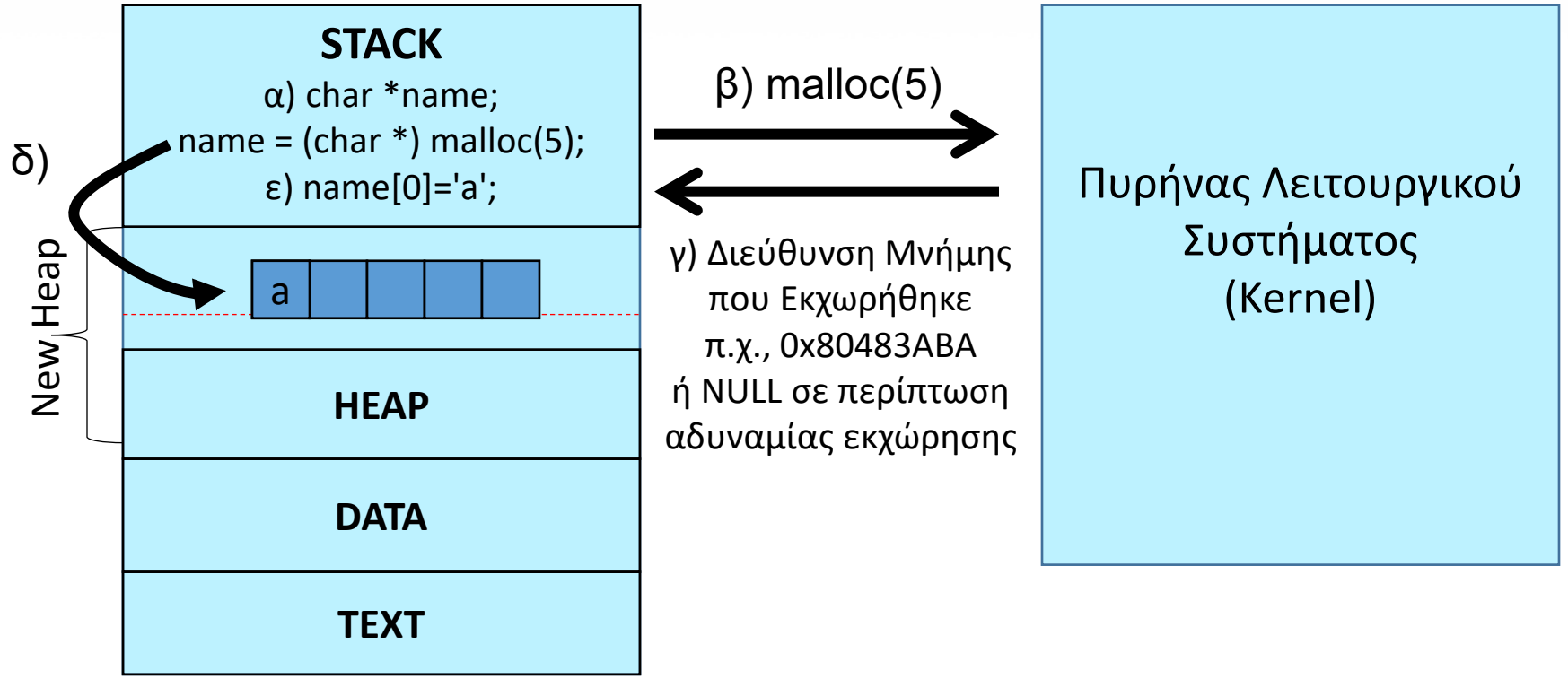
- Η βιβλιοθήκη `<stdlib.h>` ορίζει **τρεις συναρτήσεις** (**κλήσεις συστήματος**) για να **εκχωρηθεί** μνήμη από τον πυρήνα του **Λειτουργικού Συστήματος** :
  - **`malloc:`** **Δεσμεύει** ένα block μνήμης (μετριέται σε bytes) αλλά **ΔΕΝ τον αρχικοποιεί**.
  - **`calloc:`** **Δεσμεύει** ένα block μνήμης και το **αρχικοποιεί** (με τον χαρακτήρα '\0').
  - **`realloc:`** Αλλάζει το μέγεθος ενός προηγούμενου δεσμευμένου μπλοκ μνήμης.
- Αυτές οι συναρτήσεις επιστρέφουν μια τιμή τύπου **`void *`** (ένα "γενικό" δείκτη δηλαδή, εφόσον κατά τη δέσμευση δεν είναι γνωστό τι τελικό τύπο θα έχει η εν λόγω μνήμη).

Dr. Andreas Aristidou a.aristidou@ieee.org

Memory Allocation Functions

Συναρτήσεις Δέσμευσης Μνήμης

Αναπαράσταση της Διαδικασίας Δέσμευσης Μνήμης από ένα Πρόγραμμα



Dr. Andreas Aristidou a.aristidou@ieee.org

Συναρτήσεις Δέσμευσης Μνήμης (malloc)

- Η δυναμική δέσμευση μνήμης είναι συχνά χρήσιμη για συμβολοσειρές.
- Οι συμβολοσειρές αποθηκεύονται σε πίνακες χαρακτήρων και μπορεί να είναι δύσκολο να προβλέψετε για πόσο χρόνο πρέπει να είναι δεσμευμένες αυτές οι συστοιχίες.
- Δεσμεύοντας τις συμβολοσειρές δυναμικά, μπορούμε να αναβάλουμε αυτή την απόφαση μέχρι να εκτελεστεί το πρόγραμμα.

Συναρτήσεις Δέσμευσης Μνήμης (malloc)

- Πρότυπο Συνάρτησης:

```
void *malloc(size_t size);
```

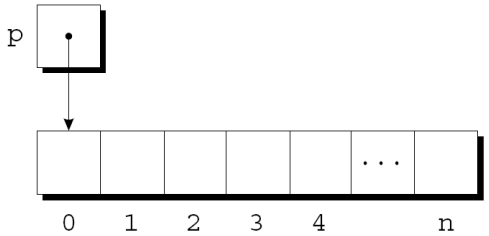
- **Δεσμεύει** ένα block μνήμης (μεγέθους size bytes) αλλά **ΔΕΝ τον αρχικοποιεί**.
- Η συνάρτηση επιστρέφει **ένα δείκτη** στον χώρο που δεσμεύτηκε.
- Βιβλιοθήκη: `<stdlib.h>`
- `size_t` είναι τύπου unsigned integer το οποίο ορίζεται στη βιβλιοθήκη.

Dr. Andreas Aristidou a.aristidou@ieee.org

Συναρτήσεις Δέσμευσης Μνήμης (malloc)

- Παράδειγμα κλήσης `malloc` το οποίο δεσμεύει χώρο στη σωρό προγράμματος για μια συμβολοσειρά `n` χαρακτήρων (+1 για το επιπλέον '\0' χαρακτήρα):

```
p = malloc(n + 1);
```



- Εφόσον ο δείκτης p αναφέρεται ουσιαστικά σε `char *`, είναι καλή πρακτική (εάν και όχι απαραίτητη) να γίνεται το ανάλογο casting:

```
p = (char *) malloc(n + 1);
```

Άλλο Παράδειγμα δέσμευσης 10 PERSON

```
p = (PERSON *) malloc (sizeof(PERSON)*10);
```

Dr. Andreas Aristidou a.aristidou@ieee.org

NULL Δείκτες (Null Pointers)

- Εάν ο πυρήνας δεν μπορεί να παραχωρήσει τον αιτούμενο χώρο, επιστρέφεται στη κλήση δέσμευσης μνήμης ένας **Κενός Δείκτης (*Null Pointer*).**

```
p = malloc(10000);
if (p == NULL) {
  /* allocation failed; take action */
}
ή if ((p = malloc(10000)) == NULL) { … }
```

- **Κενός Δείκτης:** Μια ειδική τιμή (δηλ., 0) η οποία μπορεί να διαχωριστεί από τις υπόλοιπες τιμές που δύναται να έχει ένας ορθός δείκτης (σε διεύθυνση μνήμης).
  - `printf("%ld", (unsigned long int) NULL);` Τυπώνει "0"

Dr. Andreas Aristidou a.aristidou@ieee.org

NULL Δείκτες (Null Pointers)

- Οι δείκτες ελέγχουν εάν κάτι είναι TRUE ή FALSE με τον ίδιο τρόπο όπως οι αριθμοί.
- Όλοι οι μη null δείκτες επιστρέφουν True, μόνο οι μηδενικοί δείκτες NULL είναι FALSE.
- Οπότε, αντί για
  - `if (p == NULL)` ← μπορούμε να γράψουμε → `if (!p)`
  - `if (p != NULL)` ← μπορούμε να γράψουμε → `if (p)`

Dr. Andreas Aristidou a.aristidou@ieee.org

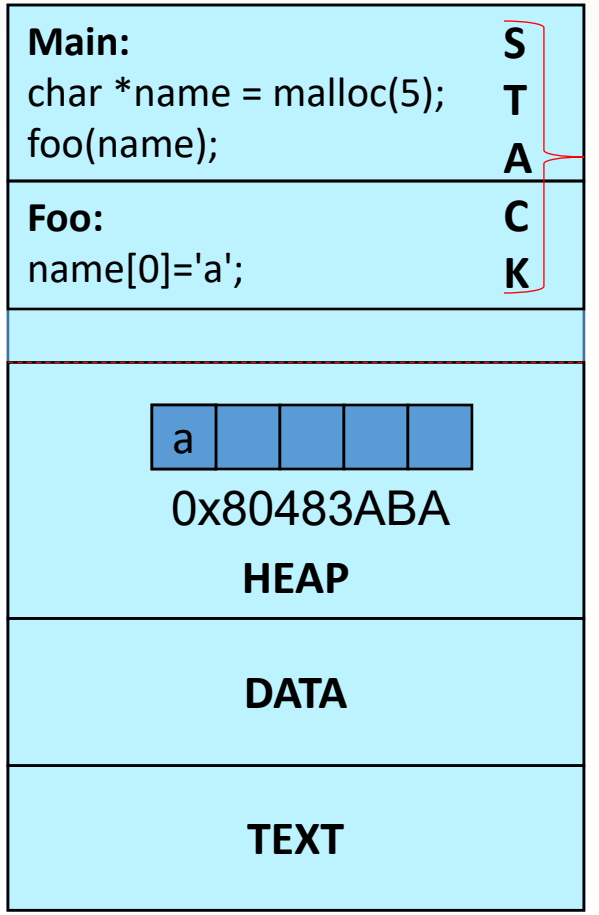
NULL Δείκτες (Null Pointers)

- Εάν και το **NULL** μοιάζει με την **τιμή 0**, αυτό είναι **διαφορετικό** από τις επί μέρους **αναπαραστάσεις του 0** που γνωρίζουμε:
  - `0` (τύπου ακεραίου, π.χ., `int`)
  - `'\0'` (τύπου χαρακτήρα, δηλ., `char`)
    - Σε πολλούς αρέσει : `#define NUL '\0'`
  - `"0"` (τύπου συμβολοσειράς, δηλ `char[]`)
  - NULL (τύπου δείκτη, δηλ., `void *, char *, int *, …,` κτλ.)
    - `int *p = (void *) 0; /* Άσχημο Στυλ */`
    - `int *p = NULL /* Καλό Στυλ */`

Dr. Andreas Aristidou a.aristidou@ieee.org

Δεδομένα στη Σωρό (Data in Program Heap)

- Ένα **αντικείμενο** στη σωρό του προγράμματος είναι **προσπελάσιμο** μέσω της **διεύθυνσης του**
- Συνεπώς, εάν δημιουργηθεί μια δομή δεδομένων στη σωρό τότε **οποιαδήποτε συνάρτηση** μπορεί να επεξεργάζεται τα στοιχεία τα οποία περνάνε **δια-αναφοράς.**

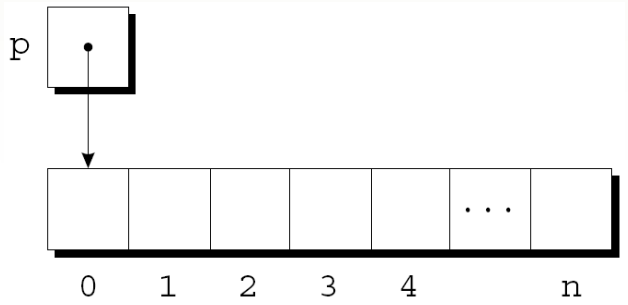


Το Πρόγραμμα μας

Dr. Andreas Aristidou a.aristidou@ieee.org

Συναρτήσεις & Δυναμική Δέσμευση Μνήμης

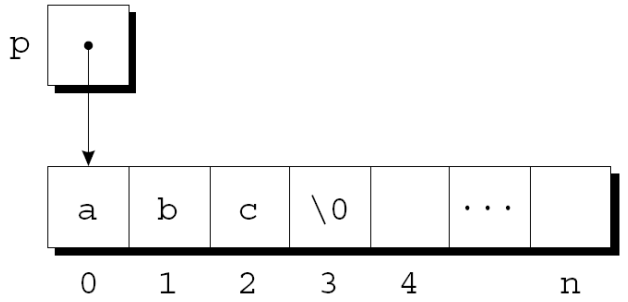
- Η μνήμη που δεσμεύετε από τη `malloc` δεν είναι ξεκάθαρη, οπότε το `p` θα δείχνει σε έναν μη αρχικοποιημένο πίνακα με `n` + 1 χαρακτήρες:



- Καλώντας την `strcpy` (δες διάλεξη 7) μπορούμε να την αρχικοποιήσουμε:

```
strcpy(p, "abc");
```

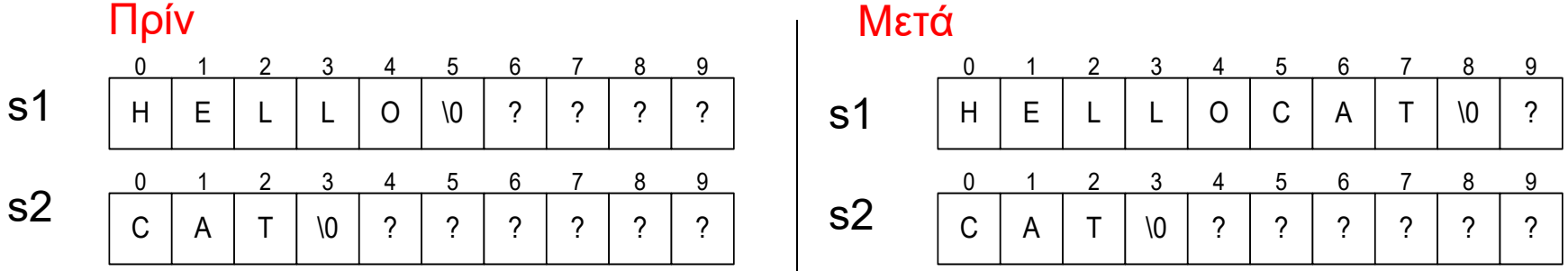
- Οι πρώτοι τέσσερις χαρακτήρες στον πίνακα θα είναι τώρα `a`, `b`, `c`, και `\0`:



Συναρτήσεις & Δυναμική Δέσμευση Μνήμης

Η Συνάρτηση `strcat`

- Ας θυμηθούμε ξανά τη συνάρτηση `strcat(s1, s2)`, από τη διάλεξη 7, η οποία αντιγράφει το `s2` στο τέλος του `s1`.



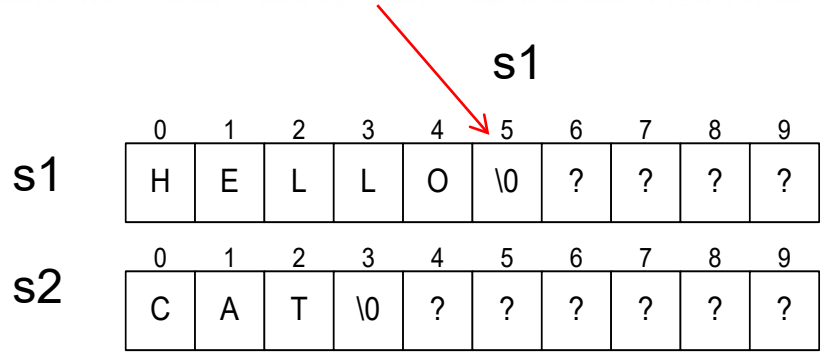
- Θυμάστε ότι η υλοποίηση που είχαμε δώσει μπορούσε να προκαλέσει υπερχείλιση του s1
- **Άσκηση:** Δώστε μια συνάρτηση η οποία επιτελεί την ίδια εργασία αλλά δεν προκαλεί υπερχείλιση του s1 με τη χρήση της malloc()
  - `char *mystrcat(const char *s1, const char *s2)`

επιστροφή

Η Συνάρτηση **strcat** με Υπερχείλιση του s1

- **Επανάληψη:** Μια συμπαγής έκδοση της `strcat`:

```
char *strcat(const char *s1, const char *s2)
{
 if (s1==NULL) return s2;
  else if (s2==NULL) return s1;
  while (*s1 != '\0') {
     s1++;
  }
  while (*s1 = *s2) { // ανάθεση, όχι σύγκριση
     s1++; s2++;
   }
   return s1;
}
```



Η Συνάρτηση **mystrcat** ΧΩΡΙΣ Υπερχείλιση του s1

Παράδειγμα: Μια συνάρτηση που συνενώνει δύο συμβολοσειρές χωρίς να αλλάζει καμία από τις δύο.

```
char *mystrcat(const char *s1, const char *s2)
{
  if (s1==NULL) return s2;
  else if (s2==NULL) return s1;

  char *result = NULL;
  result = malloc(strlen(s1) + strlen(s2) + 1);
  if (result == NULL) {
    printf("Error: malloc failed in concat\n");
    return NULL;
  }
  strcpy(result, s1);
  strcat(result, s2);
  return result;
}
```

Dr. Andreas Aristidou a.aristidou@ieee.org

Η Συνάρτηση **mystrcat** ΧΩΡΙΣ Υπερχείλιση του s1

- Ένα κάλεσμα της συνάρτησης `mystrcat`:

```
p = mystrcat("abc", "def");
```

- Μετά το κάλεσμα, ο `p` θα δείχνει στη συμβολοσειρά `"abcdef"`, που αποθηκεύεται σε μια συστοιχία που η μνήμη της δεσμεύεται δυναμικά.
- Συναρτήσεις όπως η `mystrcat` πρέπει να χρησιμοποιούνται προσεκτικά.
- Όταν η συμβολοσειρά που επιστρέφει η `mystrcat` δεν χρειάζεται πλέον, θα θέλουμε να καλέσουμε την συνάρτηση `free` για να απελευθερώσουμε το χώρο που καταλαμβάνει η συμβολοσειρά.
- Αν δεν το κάνουμε, το πρόγραμμα μπορεί τελικά να καταλήξει να μην έχει άλλη διαθέσιμη μνήμη.

Deallocating Storage

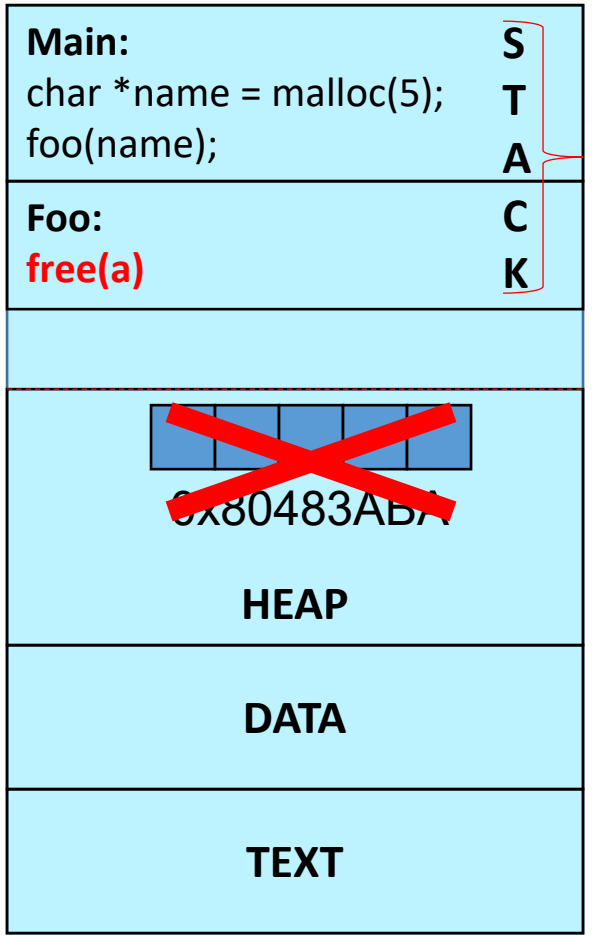
Αποδέσμευση Μνήμης

- Τα δεδομένα της σωρού έχουν **στατική αποθηκευτική διάρκεια**.
  - Συνεπώς, με την ολοκλήρωση μιας συνάρτησης αυτά **ΔΕΝ διαγράφονται αυτόματα.**
  - Η **αποδέσμευση** πρέπει να γίνεται από τον προγραμματιστή με την εντολή **free()**
- Πρότυπο Συνάρτησης `free`:

```
void free(void *ptr);
```

Κλήση στον Πυρήνα για αποδέσμευση χώρου που δεικνύεται από το ptr.

- το ptr παραμένει! Το ptr δημιουργήθηκε με malloc ή calloc ή realloc μόνο!
- Το free δεν μπορεί να γίνει στην μέση ενός δυναμικού πίνακα γιατί ο kernel θυμάται για κάθε πίνακα μόνο την διεύθυνση αρχής.

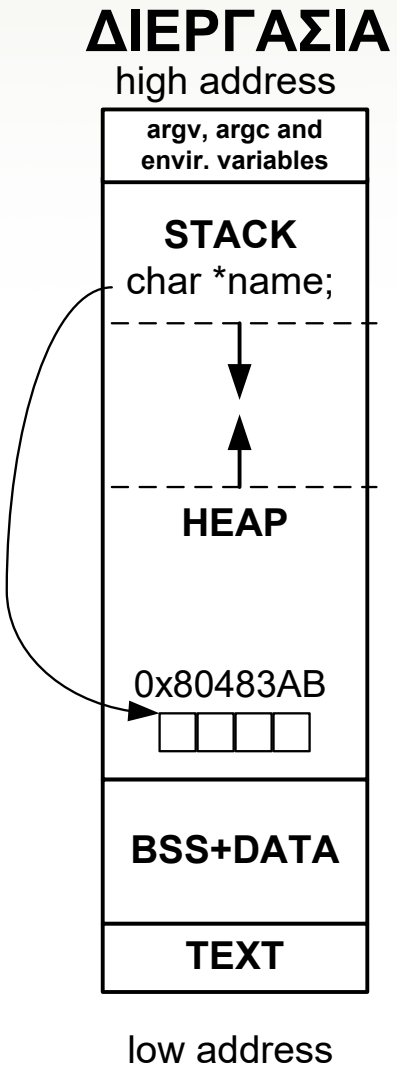


Το Πρόγραμμα μας

Deallocating Storage

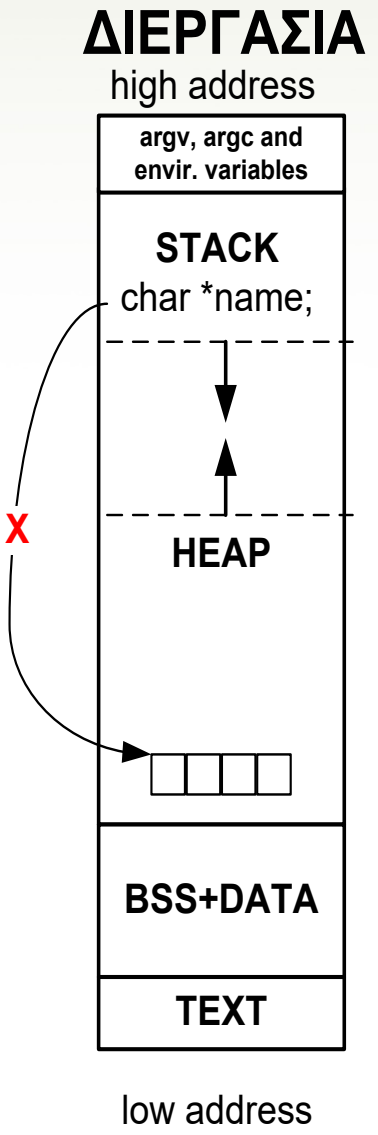
Αποδέσμευση Μνήμης

- Η `malloc` και οι άλλες συναρτήσεις εκχώρησης μνήμης λαμβάνουν μπλοκ μνήμης από ένα χώρο αποθήκευσης, το ***heap.***
- Πριν προχωρήσουμε να αναφέρουμε ότι κατά τον **τερματισμό** μιας διεργασίας, **ΟΛΗ** η μνήμη του προγράμματος **επιστρέφεται** στον **πυρήνα** του Λ.Σ.
  - TEXT, DATA, STACK, HEAP, κτλ.
- **Ωραία, τότε γιατί εκτελούμε τη free();**
  - Τα προγράμματα (π.χ., υπηρεσίες συστήματος) σχεδιάζονται για να λειτουργούν χωρίς επανεκκίνηση.
  - Συνεπώς, εάν δεν γίνεται free(), τότε σύντομα θα αναλωθεί όλη η μνήμη και οι κλήσεις malloc θα παίρνουν NULL



Διαρροή Μνήμης (Memory Leak)

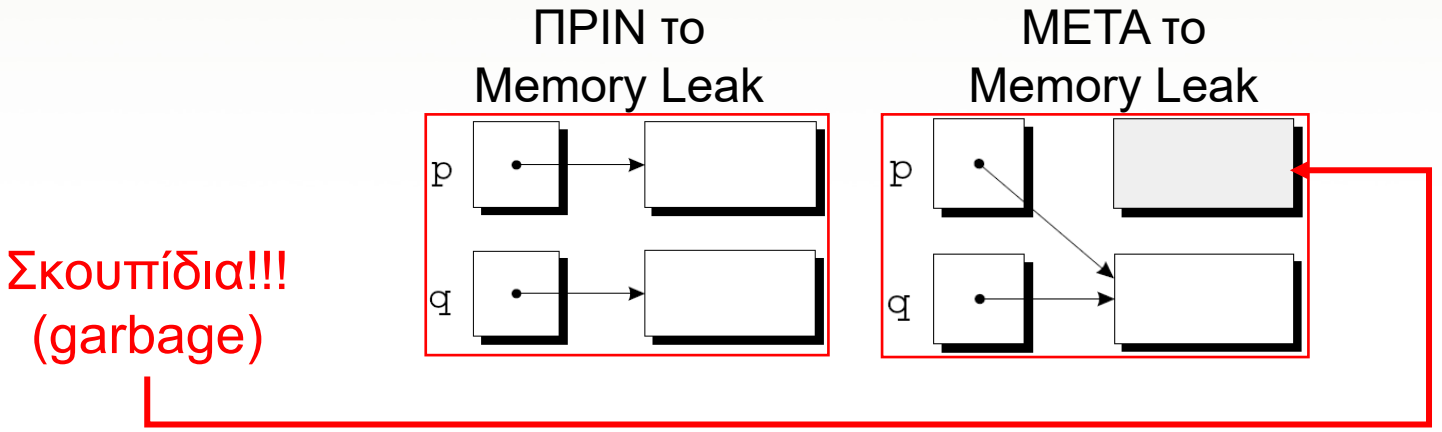
- **Διαρροή Μνήμης (Memory Leak):** Κατάσταση κατά την οποία μια διεργασία **δεσμεύει** μνήμη από το Λ.Σ. αλλά **ΔΕΝ μπορεί να το επιστρέψει** στο Λ.Σ.
  - Συμβαίνει όταν χάσουμε την **αναφορά** σε αντικείμενα δεσμευμένα στη Σωρό.



Διαρροή Μνήμης (Memory Leak)

- Παράδειγμα Memory Leak

```
p = malloc(…);
q = malloc(…);
// free(p);
p = q;
```



- Δεν υπάρχουν δείκτες στο πρώτο μπλοκ, έτσι δεν θα μπορέσουμε ποτέ να το χρησιμοποιήσουμε ξανά.
- Ένα μπλοκ μνήμης που δεν είναι πλέον προσβάσιμο σε ένα πρόγραμμα λέγεται ότι είναι σκουπίδι ***(garbage).***
- Ένα πρόγραμμα που αφήνει πίσω σκουπίδια λέγεται ότι έχει ***memory leak.***
- Κάθε πρόγραμμα σε C είναι υπεύθυνο για την ανακύκλωση των δικών του σκουπιδιών με τη συνάρτηση `free` ώστε να απελευθερωθεί η μνήμη.

Προβλήματα με τη Free()

- Εάν προκύψουν προβλήματα στη free (crash), τότε αυτό οφείλεται μάλλον σε ένα από τους ακολούθους λόγους
  - Η περιοχή έχει αποδεσμευτεί ήδη (από προηγούμενη κλήση)
  - Ο δείκτης που επιχειρείται να αποδεσμεύσετε δεν είναι δείκτης που επιστράφηκε από malloc/calloc/realloc.
- Αποφεύγετε τη κλήση fp = malloc(…) αμέσως μετά από free(fp)
  - Σε κάποια συστήματα έχουν παρατηρηθεί διάφορα προβλήματα με αυτή τη λογική.

Dr. Andreas Aristidou a.aristidou@ieee.org

Η συνάρτηση **free**

- Πρότυπο για `free`:

```
void free(void *ptr);
```

- Η `free` θα περάσει ένα δείκτη σε ένα περιττό μπλοκ μνήμης:

```
p = malloc(…);
q = malloc(…);
free(p);
p = q;
```

- Η κλήση της `free` απελευθερώνει το μπλοκ μνήμης που δείχνει η `p`.

Dr. Andreas Aristidou a.aristidou@ieee.org

Αιρούμενος Δείκτης (Dangling Pointer)

- Η `free(p)` αποδεσμεύει το μπλοκ μνήμης που δείχνει η `p`, αλλά δεν αλλάζει αυτό καθαυτό το `p`.
- Αν ξεχάσουμε ότι το `p` δεν δείχνει πλέον σε έγκυρο μπλοκ μνήμης, μπορεί να προκληθεί χάος:

```
char *p = malloc(4);
…
free(p);
…
strcpy(p, "abc");    /*** WRONG ***/
```

- Η αλλαγή της μνήμης που δείχνει το `p` είναι ένα σοβαρό λάθος.

Αιρούμενος Δείκτης (Dangling Pointer)

- Η χρήση της `free` οδηγεί ωστόσο σε ένα νέο πρόβλημα: τον ***αιωρούμενο δείκτη (dangling pointer).***
- **Αιρούμενος Δείκτης (Dangling Pointer):** Δείκτης ο οποίος δείχνει σε αντικείμενο το οποίο δεν υπάρχει στην μνήμη.
  - Π.χ., έχει αποδεσμευθεί από άλλη free το εν λόγω αντικείμενο.
- Παράδειγμα Αιρούμενου Δείκτη

```
char *p = malloc(…);
…
free(p);
… // Το p είναι dangling pointer
strcpy(p, "abc") // crash
```

- Η αλλαγή της μνήμης που δείχνει το `p` είναι ένα σοβαρό λάθος.

Dynamically Allocated Arrays

Δυναμικά Δεσμευμένοι Πίνακες

- Οι **δυναμικά δεσμευμένοι** πίνακες έχουν τα ίδια **πλεονεκτήματα** με τα **δυναμικά** strings.
- Η **συνυφασμένη έννοια** των **πινάκων / δεικτών** μας επιτρέπει να επεξεργαζόμαστε τους **δυναμικούς πίνακες** με την **ίδια ευκολία** που το πράττουμε με τους **σταθερούς πίνακες**.
- **Παραδείγματα που θα μελετήσουμε:**
  - Δημιουργία δυναμικού 1-d διανύσματος
  - Δημιουργία δυναμικού m-d πίνακα

Dr. Andreas Aristidou a.aristidou@ieee.org

Μονοδιάστατος Πίνακας

Δυναμικά Δεσμευμένοι Πίνακες

- **Παράδειγμα**

```
#include <stdio.h>
#include <stdlib.h>
int main() {
    int *a = NULL, n;
    printf("Enter Array Size:");
    scanf("%d", &n);
    /* Δημιουργία Δυναμικού Πίνακα στη Σωρό*/
    a = (int *) malloc(n * sizeof(int));
    /* Αρχικοποίηση και Εκτύπωση Πίνακα */
    for (int i = 0; i < n; i++) a[i] = i;
    for (int i = 0; i < n; i++) printf("%3d,", a[i]);
   /* Απελευθέρωση Δυναμικού Πίνακα στη Σωρό */
    free(a);
    return 0;
}
```

Δημιουργία δυναμικού 1-d διανύσματος

Dr. Andreas Aristidou a.aristidou@ieee.org

Συνεχόμενος Πολυδιάστατος Πίνακας

Δυναμικά Δεσμευμένοι Πίνακες

- **Παράδειγμα**

```
#include <stdio.h>
#include <stdlib.h>
int main() {
    int *a = NULL;
    int n;
    printf("Enter Matrix (nxn) Size:");
    scanf("%d", &n);
    int k = 0;
    a = (int *) malloc(n * n * sizeof(int));
    for (int i=0; i<n; i++)
        for (int j=0; j<n; j++)
            a[i*n + j] = ++k;

    free(a);
    return 0;
}
```

Δημιουργία δυναμικού m-d πίνακα

```
 1,  2,  3,  4,  5,  6,  7,  8,  9, 10,
11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20,
21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30,
31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 40,
41, 42, 43, 44, 45, 46, 47, 48, 49, 50,
51, 52, 53, 54, 55, 56, 57, 58, 59, 60,
61, 62, 63, 64, 65, 66, 67, 68, 69, 70,
71, 72, 73, 74, 75, 76, 77, 78, 79, 80,
81, 82, 83, 84, 85, 86, 87, 88, 89, 90,
91, 92, 93, 94, 95, 96, 97, 98, 99,100,
```

Η Λύση αυτή θα βελτιωθεί στη Διάλεξη-10 έτσι ώστε να αναφερόμαστε στα στοιχεία του πίνακα ως a[i][j]!

Dr. Andreas Aristidou a.aristidou@ieee.org

Δυναμικά Δεσμευμένοι Πίνακες (`malloc`)

- Ας υποθέσουμε ότι ένα πρόγραμμα χρειάζεται μια σειρά από `n` ακέραιους, όπου `n` υπολογίζεται κατά την εκτέλεση του προγράμματος.
- Πρώτα θα δηλώσουμε μια μεταβλητή δείκτη:

```
int *a;
```

- Μόλις η τιμή του `n` είναι γνωστό, το πρόγραμμα μπορεί να καλέσει τη `malloc` για να δεσμεύσει μνήμη για τον πίνακα:

```
a = malloc(n * sizeof(int));
```

- Χρησιμοποιείτε πάντα το `sizeof` για να υπολογίσει τον απαιτούμενο χώρο για κάθε στοιχείο.

Dr. Andreas Aristidou a.aristidou@ieee.org

Δυναμικά Δεσμευμένοι Πίνακες (`malloc`)

- Μπορούμε τώρα να αγνοήσουμε το γεγονός ότι ο `a` είναι ένας δείκτης και να το χρησιμοποιήσετε ως πίνακα, χάρη στη σχέση μεταξύ πινάκων και δεικτών στη C.
- Για παράδειγμα, θα μπορούσαμε να χρησιμοποιήσουμε τον ακόλουθο βρόχο για την προετοιμασία του πίνακα `a` που δείχνει στο:

```
for (i = 0; i < n; i++)
  a[i] = 0;
```

- Έχουμε επίσης την επιλογή να χρησιμοποιούμε αριθμητική δείκτη αντί για subscripting για να έχουμε πρόσβαση στα στοιχεία του πίνακα.

Προχωρημένες Συναρτήσεις

Η Συναρτήσεις calloc/realloc

- Είχαμε πει ότι η βιβλιοθήκη `<stdlib.h>` ορίζει **τρεις συναρτήσεις** (**κλήσεις συστήματος**) για να **εκχωρηθεί** μνήμη από τον πυρήνα του **Λειτουργικού Συστήματος** :
  - `malloc:` **Δεσμεύει** ένα block μνήμης (μετριέται σε bytes) αλλά **ΔΕΝ τον αρχικοποιεί**.
  - `calloc:` **Δεσμεύει** ένα block μνήμης και το **αρχικοποιεί** (με τον χαρακτήρα '\0').
  - `realloc:` Αλλάζει το μέγεθος ενός προηγούμενου δεσμευμένου μπλοκ μνήμης.
- Ας δούμε λίγο αναλυτικότερα τα πρότυπα των συνάρτησαν αυτών.

Η Συνάρτηση **calloc**

- Πρότυπο `malloc`:

```
void *malloc(size_t size);
```

- Πρότυπο `calloc`:

```
void *calloc(size_t nmemb, size_t size);
```

  - `typedef struct { int x, y; } POINT; POINT *p = NULL;`
  - `p = (POINT *) calloc(1, sizeof(POINT));`

- Χαρακτηριστικά `calloc`:
  - Δεσμεύει χώρο για ένα πίνακα με `nmemb` στοιχεία, το κάθε ένα με εκ των οποίων είναι `size` bytes μακρύ.
  - Επιστρέφει ένα `NULL` δείκτη εάν δεν υπάρχει ο αιτούμενος χώρος.
  - Αρχικοποιεί τον δεσμευμένο χώρο θέτοντας όλα τα bits σε 0.

Dr. Andreas Aristidou a.aristidou@ieee.org

Η Συνάρτηση **realloc**

- Πρότυπο `realloc`:

```
void *realloc(void *ptr, size_t size);
```

- **ΛΑΘΟΣ ΧΡΗΣΗ (αύξηση πίνακα κατά 5 θέσεις)**

```
ip = realloc(ip, sizeof(int) * (SIZE + 5));
```

- **ΟΡΘΗ ΧΡΗΣΗ (αύξηση πίνακα κατά 5 θέσεις)**

```
int *tmp = realloc(ip, sizeof(int) * (SIZE + 5));
if (tmp == NULL) {
    fprintf(stderr, "ERROR: realloc failed");
}
ip = tmp;
```

Δημιουργία νέου δείκτη, δυναμική καταχώρηση μνήμης σε νέα θέση, αντιγραφή περιεχομένου, free της προηγούμενης μνήμης

Dr. Andreas Aristidou a.aristidou@ieee.org

Η Συνάρτηση **`realloc`**

- Χαρακτηριστικά `realloc`:

```
void *realloc(void *ptr, size_t size);
```

  - **Αναπροσαρμόζει** το μέγεθος ενός προηγούμενα δεσμευμένου πίνακα (μετακινώντας τον πίνακα σε νέο σημείο της μνήμης εάν χρειάζεται).
    - Μόλις επιστραφεί η `realloc`, βεβαιωθείτε ότι έχετε ενημερώσει όλους τους δείκτες στο μπλοκ μνήμης σε περίπτωση που έχει μετακινηθεί.
  - **`ptr`** πρέπει να δείχνει σε διεύθυνση που λήφθηκε από προηγούμενη κλήση `malloc`, `calloc`, ή `realloc`.
  - Το size **μπορεί** να είναι **μεγαλύτερο** ή **μικρότερο** (με όποιες συνέπειες ακολουθούν) από το αρχικό μέγεθος

Dr. Andreas Aristidou a.aristidou@ieee.org

Επιπρόσθετες Συναρτήσεις

bzero, bcopy, memcpy, memset

- Συναρτήσεις *για αρχικοποίηση ακολουθιών bytes στη μνήμη.*

void **bzero(char *buf, int count);**

- Θέτει 0 σε *count* bytes αρχίζοντας από τη διεύθυνση *buf.*
- Ίδιο με την ANSI C εντολή:
  - void * memset (void * ptr, int value, size_t num);

void **bcopy(char *buf1, char *buf2, int count);**

- Αντιγράφει *count* bytes αρχίζοντας από τη διεύθυνση *buf1* στη διεύθυνση *buf2.*
- Ίδιο με την ANSI C εντολή:
  - void * *memcpy* (void * dest, const void * src, size_t num);.

Dr. Andreas Aristidou a.aristidou@ieee.org