

BLM212 Veri Yapıları

Abstract Data Type

Kavramlar ve Tanımlar

History

- Programlama kavramlarının tarihi
 - spaghetti code
 - mantık akışının bir tabaktaki makarna gibi program boyunca sarıldığı, yapısal olmayan doğrusal programlar
 - modular programming
 - Programların fonksiyonlarla organize edildiği yapı (hala doğrusal kodlama tekniği)
 - structured programming
 - 1970'lerde yapısal programmanın temel ilkeleri Edsger Dijkstra ve Niklaus Wirth gibi bilgisayar bilimcileri tarafından formüle edildi ve **bugün hala geçerli**

Atomic Data

- Tek bir bilgi parçasından oluşan veridir.
 - Başka **anlamlı** veri parçalarına bölünemezler
- Atomik veri tipi, **aynı özelliklere** sahip olan bir atomik veri setidir.
 - Bir değer kümesi (**values**)
 - Değerler üzerinde yapılan işlemler kümesi (**operations on values**)

Type	Values	Operations
integer	$-\infty, \dots, -2, -1, 0, 1, 2, \dots, \infty$	$*, +, -, \%, /, ++, --, \dots$
floating point	$-\infty, \dots, 0.0, \dots, \infty$	$*, +, -, /, \dots$
character	<code>\0, ..., 'A', 'B', ..., 'a', 'b', ..., ~</code>	<code><, >, ...</code>

TABLE 1-1 Three Data Types

Atomic Data

- Örneğin 4562 tam sayı değeri tek bir **integer** değeri olarak kabul edilebilir.
 - Tabii ki, onu **hanelerine/basamaklarına** (*digits*) ayıralım, fakat parçalanan rakamlar **orijinal tam sayı ile** aynı özelliklere sahip değildir.
 - bunlar 0 - 9 arasında değişen dört tek basamaklı tam sayıdır.

Composite Data

- Atomik verinin **karşımı** kompozit (bileşik) veridir.
- Bileşik veriler, **anlamlı olan alt alanlara** bölünebilir.
- Örnek: **telefon numarası**;

+90 232 7506243

(**country code**, **city code**, **phone number**)

Data Structure

- Bir Veri Yapısı (**Data Structure**), atomik ve kompozit verilerin, tanımlanmış ilişkilerle bir kümede toplanmasıdır.
- Yapı (**Structure**), verileri bir arada tutan kurallar kümesi anlamına gelir.
- Verilerin bir kombinasyonunu alıp bunları ilgili kurallarını tanımlayabileceğimiz bir yapıya sığdırarak, bir **veri yapısı** oluştururuz.
- Veri yapısı iç içe yuvalanmış (**nested**) yapıda olabilir.
 - Başka veri yapılarından oluşan bir veri yapısı oluşturulabilir.

Data Structure Examples

- Dizi (Array) ve Kayıt (Record) yapıları

Homojen veri dizisi veya eleman olarak bilinen veri tipleri

Tanımlanmış bir anahtar ile tek bir yapı içinde verilerin heterojen kombinasyonu

Elemanlar arasında konum ilişkisi

Array	Record
Homogeneous sequence of data or data types known as elements	Heterogeneous combination of data into a single structure with an identified key
Position association among the elements	No association

İlişki yok

TABLE 1-2 Data Structure Examples

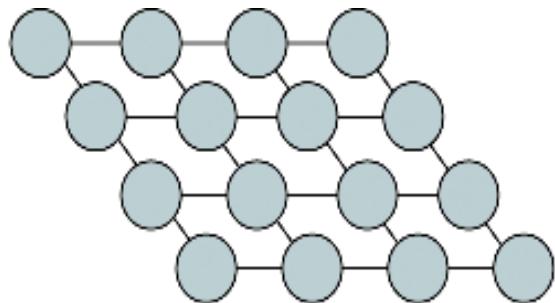
Data Structure:

- Her birinin bir **veri türü** veya **başka bir veri yapısı** olduğu öğelerin bir birleşimi
- Bir araya getirilmiş öğeleri bağlayan bir takım **ilişkiler** veya **bağlantılar**

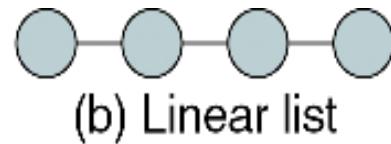
Data Structures: Properties

- Modern programlama dillerinin **çoğu** bir takım veri yapısını **desteklemektedir**.
- Ayrıca, modern programlama dilleri, programcıların spesifik bir uygulama için **yeni** veri yapıları **oluşturmalarına** izin verir.
- Veri yapıları **İç içe yuvalanmış** olabilir. Bir veri yapısı diğer veri yapılarını içerebilir (*array of arrays, array of records, record of records, record of arrays, etc.*)

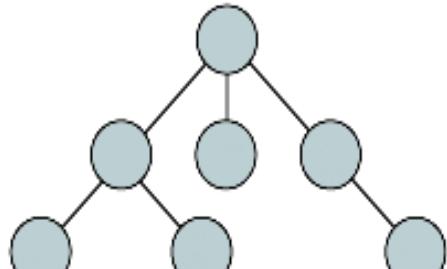
Some Data Structures



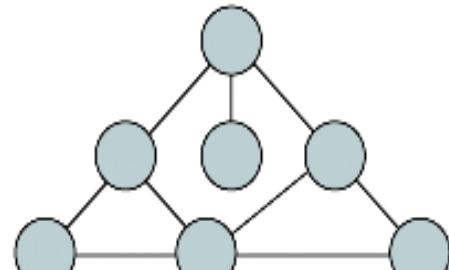
(a) Matrix



(b) Linear list



(c) Tree



(d) Graph

FIGURE 1-1 Some Data Structures

Pseudocode

- **Sözde kod (Pseudocode)**, algoritmaları tanımlamak için yaygın olarak kullanılan sahte bir programlama dilidir.
- Algoritma mantığının doğal dil benzeri bir gösterimidir.
- Yapısı, üst seviye programlama dillerinin pek çoğunuun yapısına yakın olmakla birlikte, birçok gereksiz ayrıntıdan muaftır.

ALGORITHM 1-2 Print Deviation from Mean for Series

```
Algorithm deviation
    Pre    nothing
    Post   average and numbers with their deviation printed
1  loop (not end of file)
    1  read number into array
    2  add number to total
    3  increment count
2  end loop
3  set average to total / count
4  print average
5  loop (not end of array)
    1  set devFromAve to array element - average
    2  print array element and devFromAve
6  end loop
end deviation
```

The Abstract Data Type (**ADT**)

Abstraction (*soyutlama*) konsepti :

- Bir veri türünün **ne** (**what**) yapabileceğini biliyoruz.
- **Nasıl** (**how**) yapıldığı ise kullanıcıdan gizlenmiştir.

➤ Bir **ADT** ile kullanıcılar, görevin nasıl yapıldığıyla değil, daha çok neler yapabilecekleriyle ilgilenir.

ADT: Example

- Bazı verileri okumaya / yazmaya yarayan program kodu ADT'dir. Bu, **bir veri yapısına** (*character, array of characters, array of integers, array of floating-point numbers, etc.*) ve bu veri yapısını okumak / yazmak için kullanılabilecek **bir takım işlemlere** (**operations**) sahiptir.

The Abstract Data Type (**ADT**)

Abstract Data Type (**ADT**):

- O veri türü için anlamlı olan işlemlerle birlikte paketlenmiş bir veri deklarasyonudur.
- Başka bir değişle, verileri ve verilerdeki işlemleri sarmalıyor ve sonra bunları kullanıcıdan gizliyoruz.

- Declaration of data
- Declaration of operations
- Encapsulation of data and operations

The Abstract Data Type (**ADT**)

- Bir yapıdaki verilere yapılan tüm referanslar ve verilerin manipülasyonları, yapıya tanımlanan **arayüzler** üzerinden halledilmelidir.
- Uygulama (**application**) programının veri yapısını doğrudan referans göstermesine izin vermek birçok uygulamada (**implementation**) yapılan yaygın bir **hata**dır.
- Yapının **birden fazla sürümünün** bir arada bulunabilmesi gereklidir.
- Farklı verileri muhafaza etmeyi başarabilirken implementasyonu kullanıcıdan gizlemeliyiz.

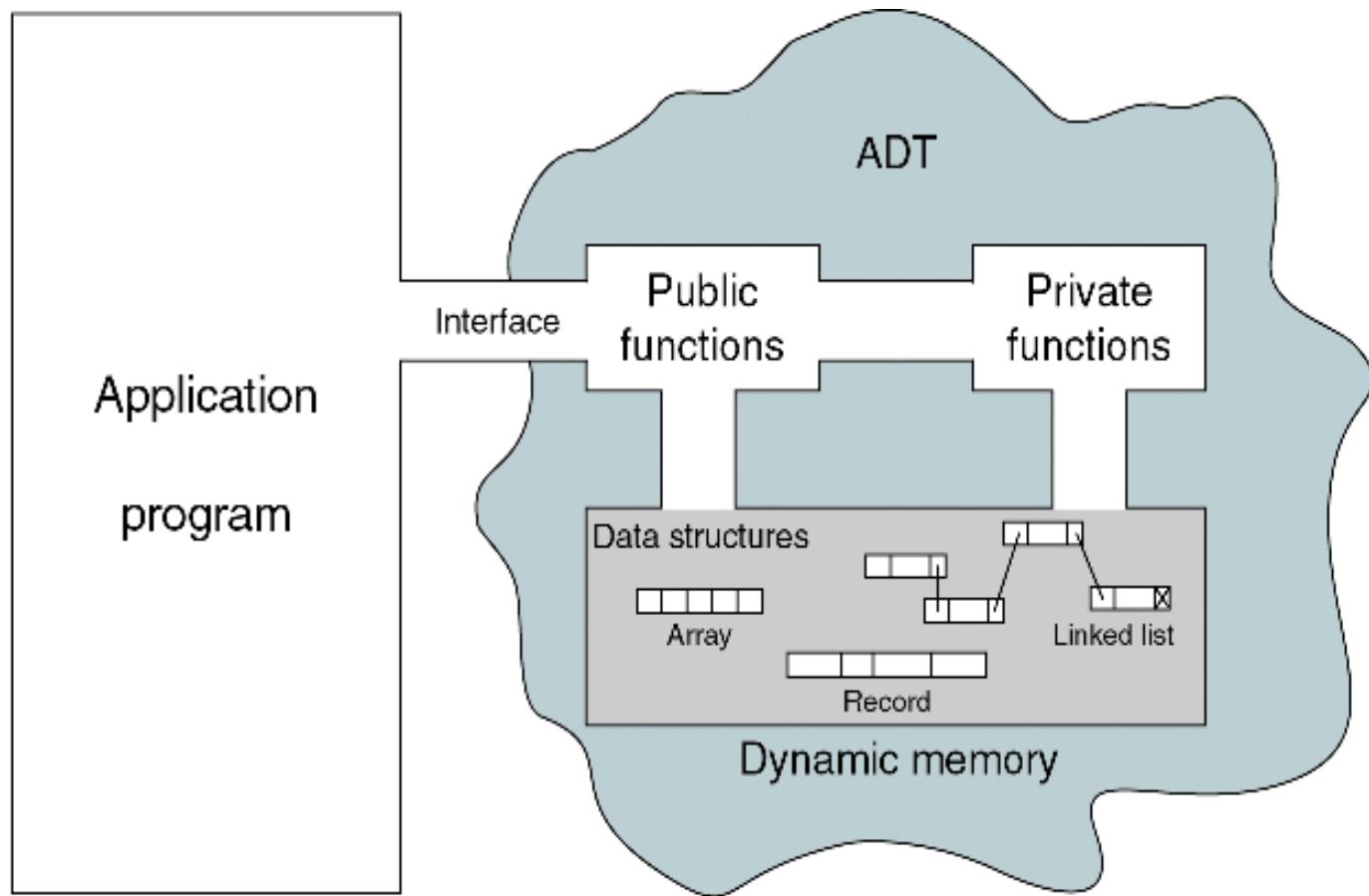


FIGURE 1-2 Abstract Data Type Model

ADT Operations

- Veriler, kısmen “îçeri” ve kısmen ADT'nin dışına yerleştirilmiş bir “geçiş yolу” (**passageway**) olan harici arayüz üzerinden girilir, erişilir, değiştirilir ve silinir.
- Bu arayüz üzerinden sadece açık/genel (**public**) fonksiyonlara erişilebilir.
- Her ADT işlemi (operation) için spesifik görevi gerçekleştiren bir algoritma vardır.

Typical ADTs:

- Lists
- Stacks
- Queues
- Trees
- Heaps
- Graphs

1-4 ADT Implementations

*Bir **liste ADT**'sini gerçekleştirmek (**implement**) için kullanabileceğimiz iki temel yapı vardır: **diziler (arrays)** and (**bağlı listeler**)**linked lists**.*

Bu bölümde, temel bağlı liste uygulamasını ele alıyoruz.

Array Implementations

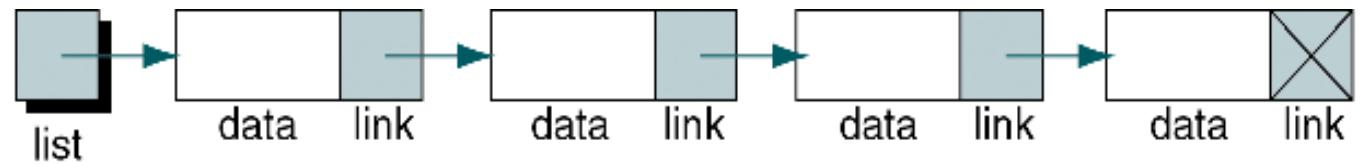
- Bir dizide (**array**), bir listenin ardışıl oluşu, dizideki elemanların sıra yapısı ile sağlanır (**indexes**).
- Dizide bir **eleman arama** işlemi çok hızlı ve etkili olabilse de, eleman **silme** ve **ekleme** işlemleri **karmaşık** ve **yavaş** süreçlerdir.

Linked Lists

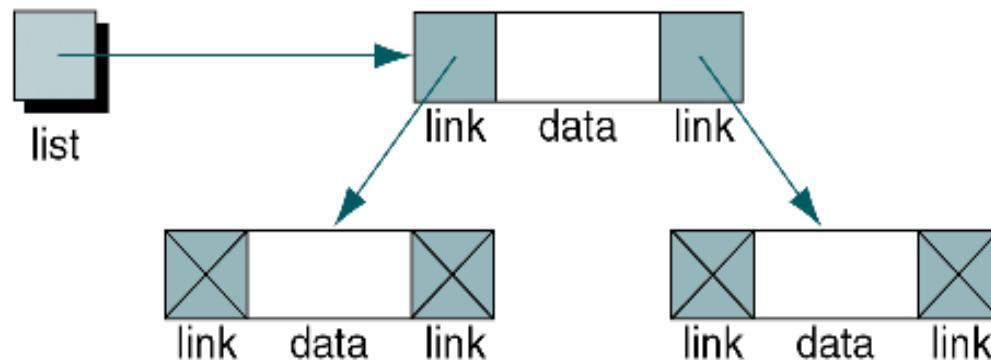
- Bağlı Liste (**Linked List**), her bir elemanın bir sonraki eleman(lar)ın konumunu içerdiği düzenli bir veri koleksiyonudur.
- Bağlı listede her eleman **iki bölüm**den oluşur: veri (**data**) ve bir veya daha fazla bağ (**link**)
 - Veri kısmı, uygulama verilerini tutar - işlenecek veriler.
 - Linkler, verileri bir araya getirmek (zincirlemek) için kullanılır. Listedeki sonraki öğeyi veya öğeleri tanımlayan işaretçiler (**pointers**) içerir.

Linear and non-linear Linked Lists

- Doğrusal bağlı listelerde (*linear linked lists*), her eleman **sıfır** veya **bir** adet takipçiye sahiptir.
- Doğrusal olmayan bağlı listelerde (*non-linear linked lists*), her eleman **sıfır**, **bir** veya **daha fazla sayıda** takipçiye sahip olabilir.



(a) Linear list



(b) Non-linear list



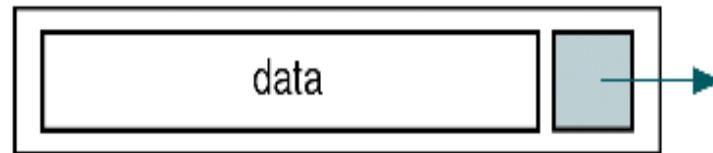
(c) Empty list

FIGURE 1-3 Linked Lists

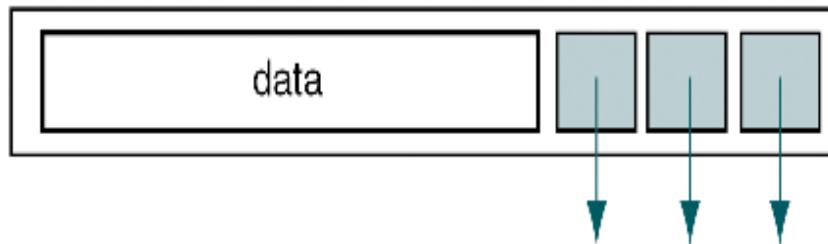
Nodes

- Bir düğüm (**node**) iki bölümden oluşan bir yapıdır: **veri** ve bir veya daha fazla **bağ**
- Bağlı listedeki düğümlere kendine işaret eden (**self-referential**) yapılar denir.
 - Böyle bir yapıda, yapının her bir örneği, aynı yapısal tipteki diğer örneklerle bir veya daha fazla işaretçi içerir.

(a) Node in a linear list



(b) Node in a non-linear list



Nodes

- Bir düğümdeki veri bölümü, **tek bir alan**, **birden çok alan** veya **birkaç alan içeren bir yapı** olabilir, ancak her zaman tek bir alan gibi davranır.

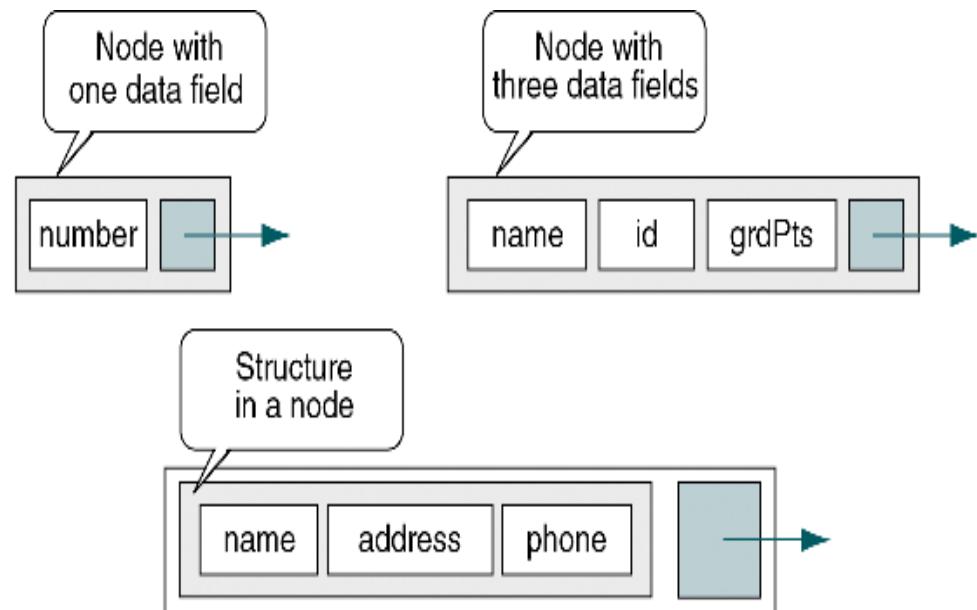


FIGURE 1-5 Linked List Node Structures

Linked Lists vs. Arrays

- Bağlı listenin diziye göre en büyük **avantajı**, verilerin **kolayca eklenmesi ve silinmesidir**.
- Yeni bir öğeye yer açmak veya bir öğeyi silmek için bağlı listedeki öğelerin **kaydırılması gerekmez**.
- Bununla birlikte, bağlı listede elemanlar artık **fiziksel olarak ardışık olmadığından**, sıralı aramalarla (**sequential search**) sınırlıdır.

1-5 Generic Code for ADT

Bu bölümde, bir ADT gerçekleştirmek (implement) için gerekli olan iki aracın örnekleri verilir.

- Pointer to Void
- Pointer to Function

C++ ve **Java** gibi bazı yüksek seviyeli diller, genel kodları (generic code) işlemek ve yönetmek için özel araçlar sunmaktadır, **C** bu konuda **sınırlı bir kapasiteye** sahiptir ve bunu yukarıdaki iki özellik vasıtasyyla gerçekleştirir:

Generic Code

- Veri yapılarında soyut veri türleri için genel kod (**generic code**) oluşturmamız gerekiyor.
- **Generic code** bir kod parçası yazmamızı ve bunu **herhangi bir veri türüne** uygulamamıza olanak tanır.
- Örneğin, bir yiğin (stack) yapısını gerçekleştirmek için genel fonksiyonlar (**generic functions**) yazabiliriz.
 - Daha sonra bu genel fonksiyonları kullanarak bir **integer**, **float** vb. türde yiğin implement edilebilir.

Data Pointer

- İşaretçi (**pointer**), bellek adresini kullanarak bilgisayarın belleğinde başka bir hücrede bulunan bir başka değere doğrudan başvuran (**işaret eden**) bir programlama dili veri türüdür.
- Bir işaretçinin işaret ettiği (başvurduğu) değeri elde etmeye «**dereferencing the pointer**» denir.

Pointer to void

- İşaretçiye biçim verilmesi onun belirli veri türüyle bağlantısıdır. **«*Casting of the pointer*»**
- Önemli programlama dilleri farklı veri türleriyle değerlerin birbirine geçişmesi(karıştırılması) konusunda **katı kısıtlamalar** uygular. **«strongly typed»**
 - Bunun anlamı şudur: atama ve karşılaştırma gibi işlemlerde uyumlu **türler olmalıdır** veya (**cast**) **birim verilmelidir**.
- Bu konudaki tek istisna: **pointer to void**, cast yapmadan atanabilir.
- Bunun anlamı şudur: **pointer to void** herhangi bir veri türünü temsil edebilen bir genel işaretcidir (**generic pointer**).
31

Pointer to *void*

Bir boş göstericinin **null pointer** olmadığına dikkat edin; bu genel bir veri türüne (*void*) işaret ediyor.

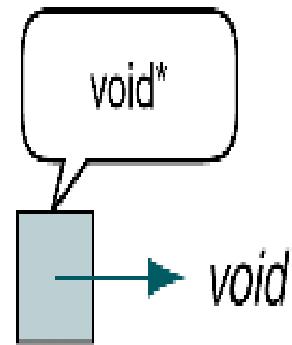


FIGURE 1-6 Pointer to *void*

Note that a **pointer to *void*** is not a **null pointer**; it is pointing to a generic data type (*void*).

Pointer to *void*

```
void* p;  
int i;  
float f;  
  
p = &i;  
...  
p = &f;
```

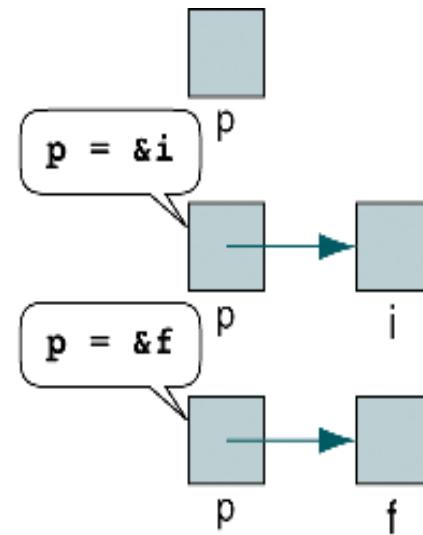


FIGURE 1-7 Pointers for Program 1-1

Pointer to *void*

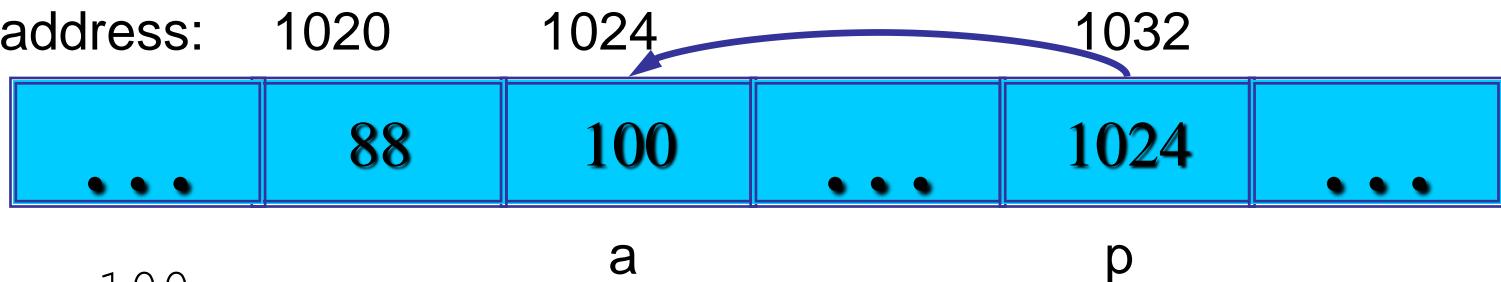
- Important remark: a pointer to void **cannot** be dereferenced **unless it is cast**.
- Diğer bir ifadeyle **casting** yapmadan ***p** kullanılamaz. (yani, işaretçinin belirli veri tipiyle bağlantısı olmadan)

Dereferencing operatör: *

Dereferencing Operator *

- Dereferencing operatörünü (*) kullanarak, belirtilen değişkende tutulan değere erişebiliriz.

Memory address: 1020



```
int a = 100;  
int *p = &a;  
printf("%d\n", a);  
printf("%p\n", &a);  
printf("%p %d\n", p, *p);  
printf("%p\n", &p);
```

Result is:
100
1024
1024 100
1032

PROGRAM 1-1 Demonstrate Pointer to void

```
1  /* Demonstrate pointer to void.  
2      Written by:  
3      Date:  
4  */  
5  #include <stdio.h>  
6  
7  int main ()  
8  {  
9  // Local Definitions  
10    void* p;  
11    int   i = 7 ;  
12    float f = 23.5;  
13  
14 // Statements  
15    p = &i;  
16    printf ("i contains: %d\n", *((int*)p) );  
17  
18    p = &f;  
19    printf ("f contains: %f\n", *((float*)p));  
20  
21    return 0;  
22 } // main
```

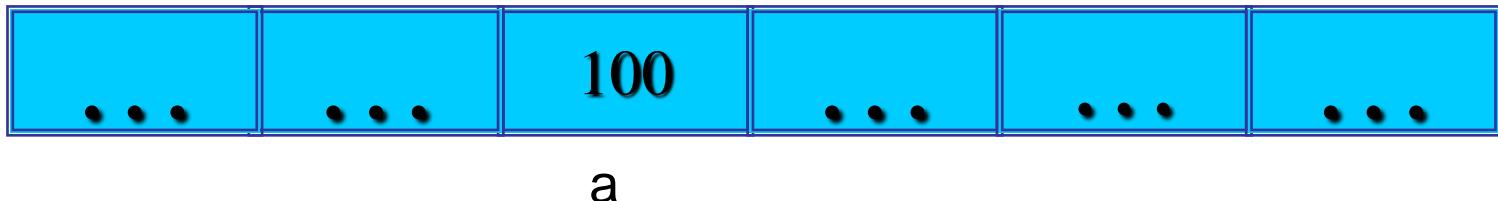
Results:

```
i contains 7  
f contains 23.500000
```

Address Operator &

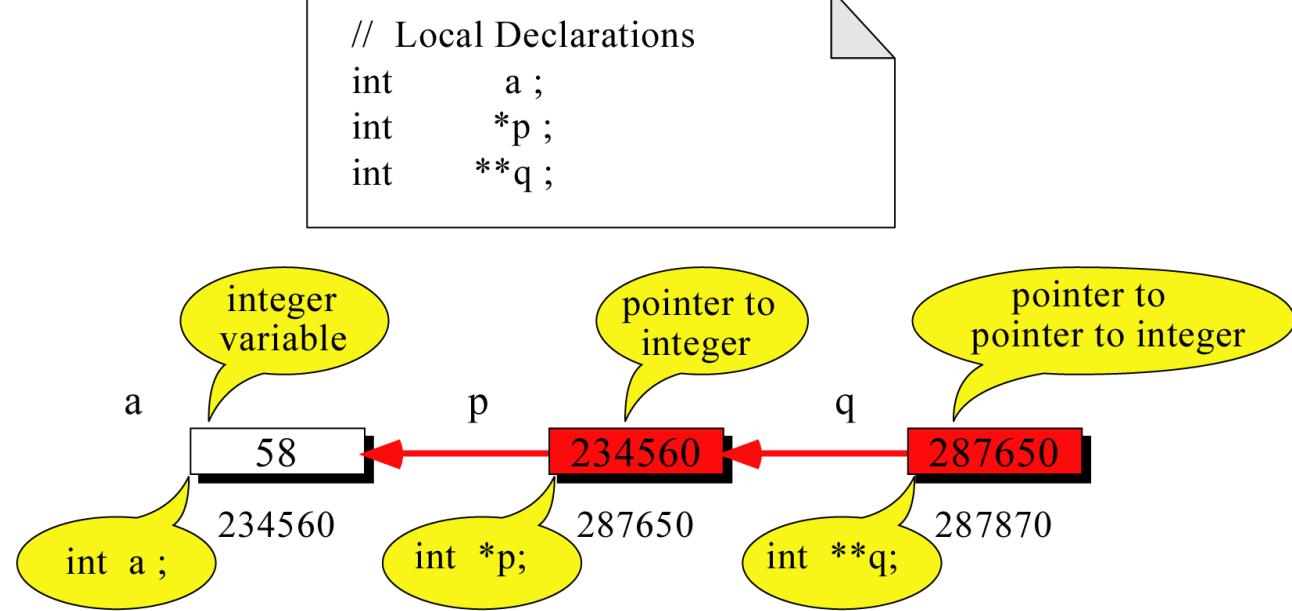
- ***The "address of" operator (&)*** değişkenin bellek adresini verir
 - **Kullanım: &variable_name**

Memory address: 1020 1024



```
int a = 100;  
//get the value,  
printf("%d",a); //prints 100  
//get the memory address  
printf("%p",a&); //prints 1024
```

Pointer to Pointer



What is the output?

58 58 58

// Statements

```
a = 58 ;
p = &a ;
q = &p ;

printf("%d ",a);
printf("%d ",*p);
printf("%d ",**q);
```

Function malloc

- C'deki bu fonksiyon geriye **pointer to void** döndürür. (Benzer bir fonksiyon tüm modern programlama dillerinde mevcuttur.)
- Bu fonksiyon, **herhangi bir veri türünü dinamik olarak** tahsis etmek için kullanılır.
- *Void* türünde bir işaretçi geriye döndüren genel bir fonksiyondur (a pointer to *void* (**void***)). Herhangi bir veri türü işaretçisi geri döndürmek için kullanılabilir. Örneğin, bir *integer* işaretçisi oluşturmak istenirse,

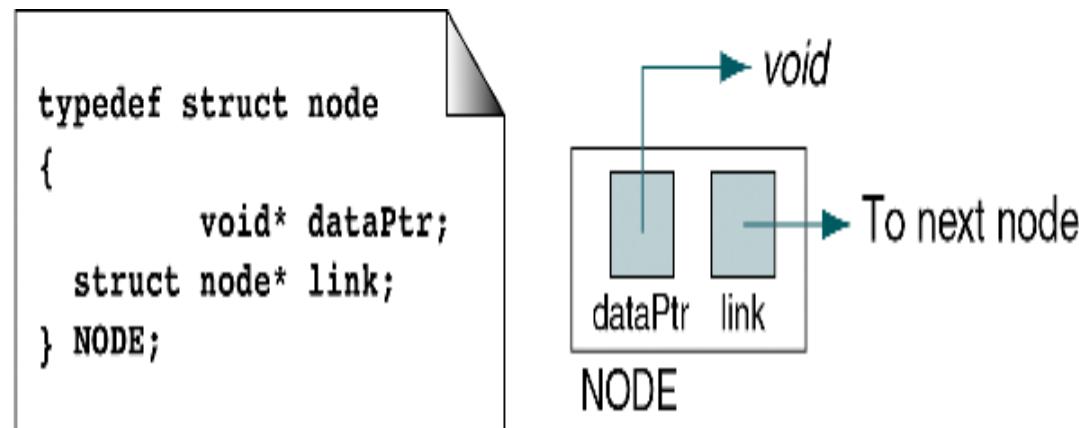
intPtr = (int*)malloc (sizeof (int))

Memory Management

- Static Memory Allocation
 - Bellek tahsisinin derleme anında (**compilation time**) gerçekleşir
- Dynamic Memory Allocation
 - Bellek tahsisinin koşma anında (**executon time**) gerçekleşir

Pointer to Node

- Bir düğüm yapısı oluşturmak için genel bir fonksiyona sahip olmamız gereklidir.
- Yapının iki kısmı vardır: veri (**data**) ve bağ (**link**).
 - Bağ kısmı düğüm yapısının işaretçisidir. (**a pointer to the node structure**)
 - Veri kısmı ise herhangi bir tür olabilir: **integer**, **floating point**, **string**, veya başka bir yapı.
- Fonksiyonu genel hale getirmek ve böylelikle düğümde **herhangi bir veri türünü** saklayabilir hale getirmek için dinamik bellekte tutulan veriye işaret eden «**void pointer** » kullanırız.



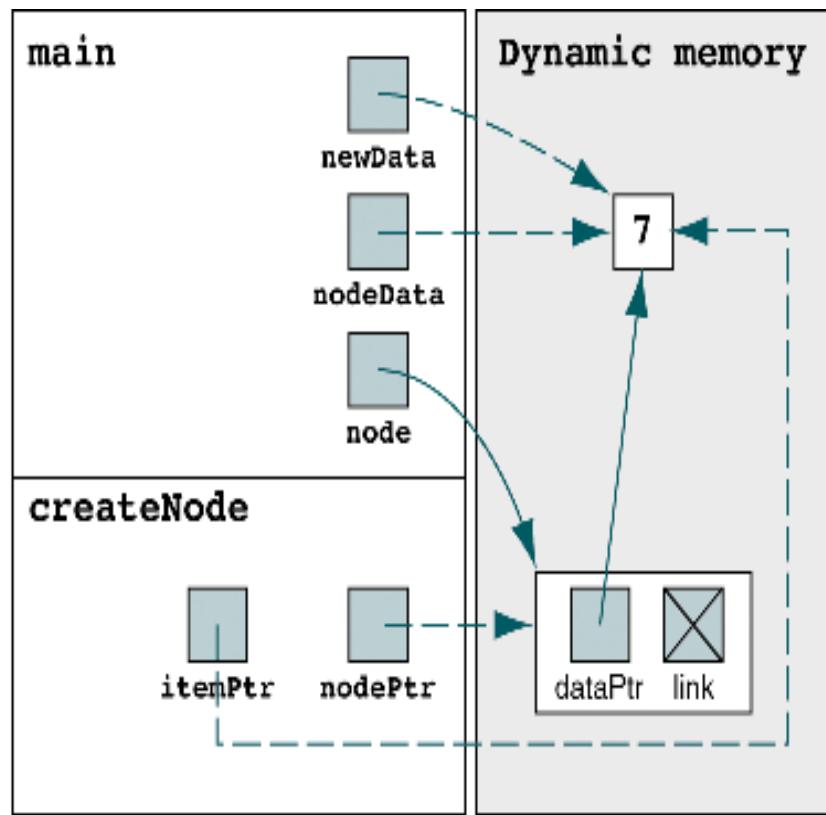


FIGURE 1-9 Pointers for Programs 1-2 and 1-3

PROGRAM 1-2 Create Node Header File

Düğümde depolanacak veriler bir **void işaretçisi**yle temsil edilir.

CreateNode fonksiyonu **dinamik bellekte** bir düğüm yapısı tahsis eder, veri **void işaretçisini** düğüme depolar ve ardından **düğümün adresini** döndürür.

```
1  /* Header file for create node structure.  
2   Written by:  
3   Date:  
4 */  
5  typedef struct node  
6  {  
7      void* dataPtr;  
8      struct node* link;  
9  } NODE;  
10  
11 /* ===== createNode ======  
12    Creates a node in dynamic memory and stores data  
13    pointer in it.  
14    Pre  itemPtr is pointer to data to be stored.  
15    Post node created and its address returned.  
16 */  
17 NODE* createNode (void* itemPtr)  
18 {  
19     NODE* nodePtr;  
20     nodePtr = (NODE*) malloc (sizeof (NODE));  
21     nodePtr->dataPtr = itemPtr;  
22     nodePtr->link    = NULL;  
23     return nodePtr;  
24 } // createNode
```

PROGRAM 1-3 Demonstrate Node Creation Function

```
1  /* Demonstrate simple generic node creation function.  
2   Written by:  
3   Date:  
4 */  
5 #include <stdio.h>  
6 #include <stdlib.h>  
7 #include "P1-02.h"                                // Header file  
8  
9 int main (void)  
10 {  
11 // Local Definitions  
12     int* newData;  
13     int* nodeData;  
14     NODE* node;  
15  
16 // Statements  
17     newData = (int*)malloc (sizeof (int));  
18     *newData = 7;
```

```
19  
20     node = createNode (newData);  
21  
22     nodeData = (int*)node->dataPtr;  
23     printf ("Data from node: %d\n", *nodeData);  
24     return 0;  
25 } // main
```

Results:

Data from node: 7

22. Satırda düğümden (node) gelen **void** işaretçisi **integer** işaretçiye yerleştirilir.

C dili "**strongly typed**" olduğu için bu atama **casting** ile integer'a dönüştürülmelidir.

Dolayısıyla, bir adresi türünü bilmeden bir **void** işaretcisinde saklayabilirken, **bunun tersi geçerli değildir.**

Bir atama işleminde bile olsa, bir **void** işaretçisini kullanabilmek için **casting** yapılmalıdır.

Reference to a **void** pointer

- Any reference to a **void pointer** must cast the pointer to the correct type.(*Bir void işaretçisine yapılan herhangi bir referans, işaretçiyi doğru türə atmalıdır.*)

Örnek

- ADT yapıları genellikle birkaç düğüm örneği (**instance**) içerir.
- Bu nedenle, ADT kavramını daha iyi göstermek için, **PROGRAM 1-3'ü iki farklı düğüm içerecek şekilde değiştirelim.**
- Bu basit örnekte, ilk düğümün ikinciye işaret etmesini sağlanır.

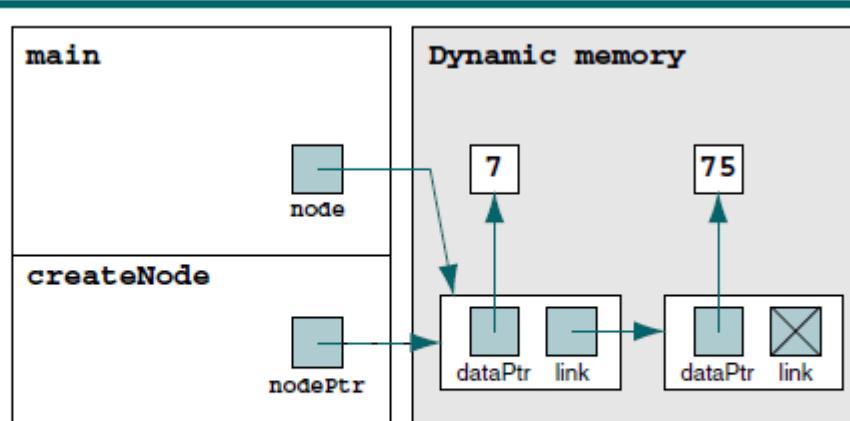


FIGURE 1-10 Structure for Two Linked Nodes

PROGRAM 1-4 Create List with Two Linked Nodes

```
1  /* Create a list with two linked nodes.
2   Written by:
3   Date:
4   */
5  #include <stdio.h>
6  #include <stdlib.h>
7  #include "P1-02.h"                                // Header file
8
9  int main (void)
10 {
11 // Local Definitions
12     int* newData;
13     int* nodeData;
14     NODE* node;
15
16 // Statements
17     newData = (int*)malloc (sizeof (int));
18     *newData = 7;
19     node = createNode (newData);
20
21     newData = (int*)malloc (sizeof (int));
22     *newData = 75;
23     node->link = createNode (newData);
24
25     nodeData = (int*)node->dataPtr;
26     printf ("Data from node 1: %d\n", *nodeData);
27
28     nodeData = (int*)node->link->dataPtr;
29     printf ("Data from node 2: %d\n", *nodeData);
30     return 0;
31 } // main
```

Results:

```
Data from node 1: 7
Data from node 2: 75
```

Pointer to Function

- Programımızdaki fonksiyonlar bellekte bir yer işgal eder. **Fonksiyonun adı**, o fonksiyonun bellekteki ilk baytını gösteren sabit bir işaretçidir.
- Fonksiyona bir işaretçi(**pointer to function**) deklare etmek için, fonksiyon işaretçisi parantez içinde olacak şekilde onu bir prototip tanımiş gibi kodlarız.

- Örneğin, bellekte yer alan 4 fonksiyona sahip olduğumuzu varsayıalım: **main**, **fun**, **pun** ve **sun**

Her fonksiyonun adı, bellekteki kodunun bir işaretçisidir.

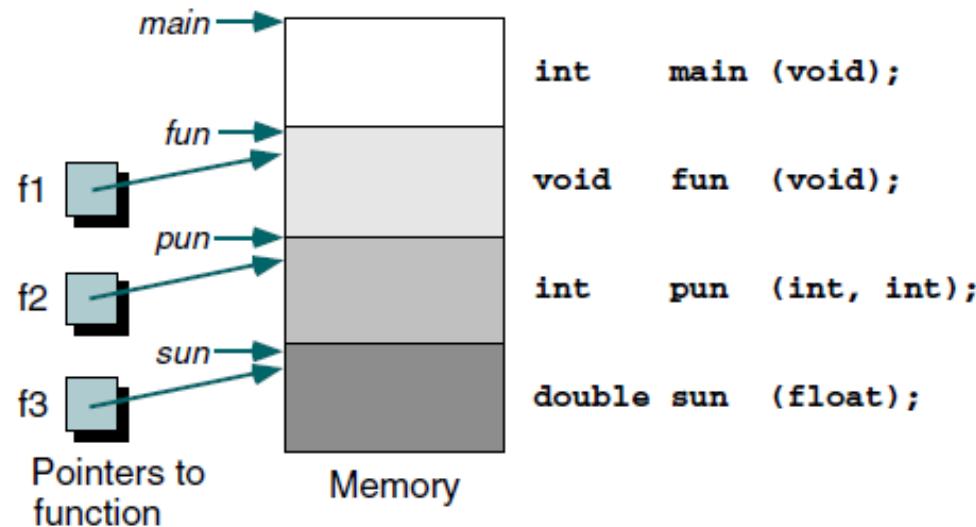


FIGURE 1-11 Functions in Memory

Parantezler önemlidir: Bunlar
olmadan C, fonksiyon dönüş
tipini bir işaretçi olarak yorumlar.

f1: Pointer to a function
with no parameters;
it returns void.

```
...  
// Local Definitions  
void (*f1) (void);  
int (*f2) (int, int);  
double (*f3) (float);  
...
```

// Statements

```
...  
f1 = fun;  
f2 = pun;  
f3 = sun;  
...
```

FIGURE 1-12 Pointers to Functions

Example: function `larger`

- Bu genel (**generic**) fonksiyon, karşılaştırılacak iki değerin daha büyük olanını döndürür.
- **larger** isimli fonksiyonunu **generic** fonksiyon olarak kullanmak istersek her veri türü için bir karşılaştırma (**compare**) fonksiyonu yazmamız gerekecek.
- Karşılaştırma (**compare**) fonksiyonu, karşılaştırılan çiftteki hangi değerin daha büyük olduğuna bağlı olarak pozitif veya negatif bayrak değeri (**flag value**) döndürür: birincisi veya ikincisi

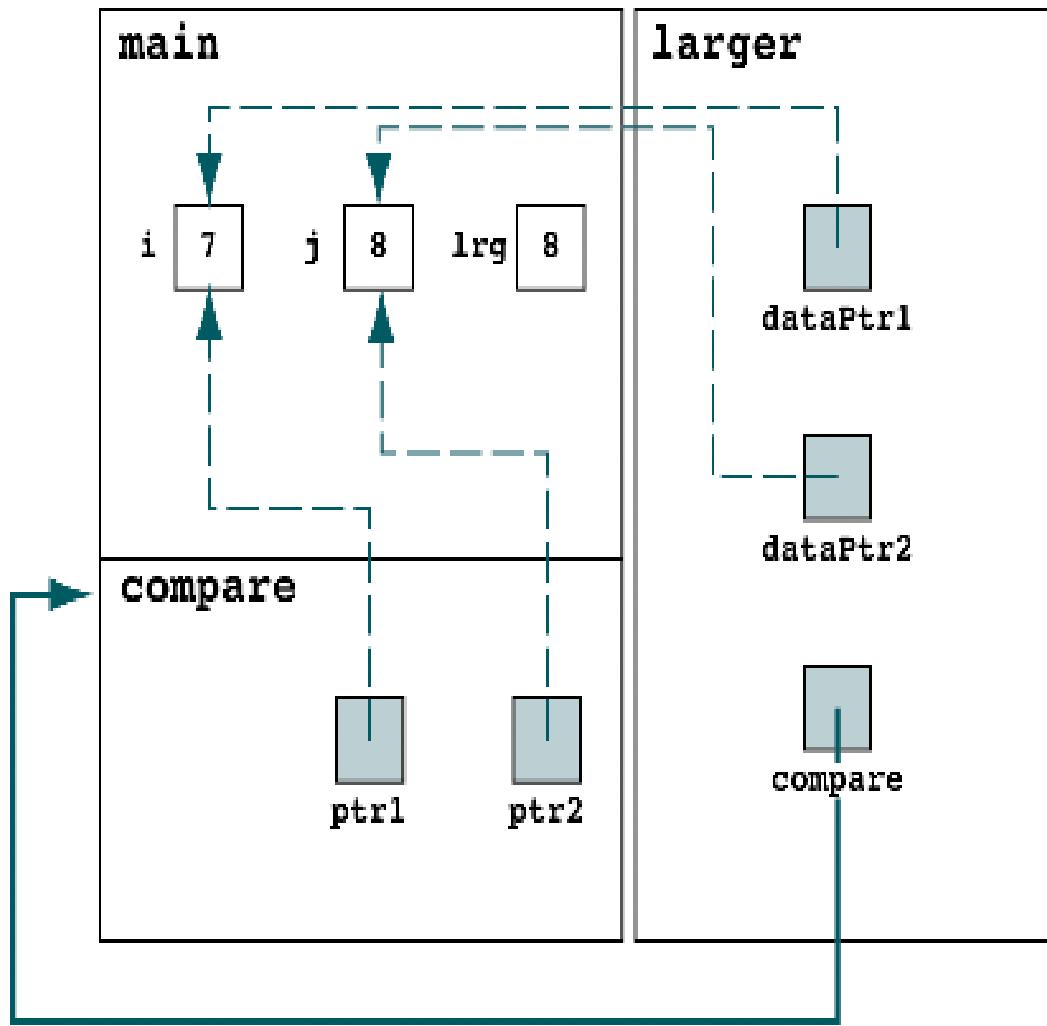


FIGURE 1-13 Design of Larger Function

Example: function **larger**

- Fonksiyon, önceki bölümde açıklandığı şekilde iki tane **pointer to void** kullanır.
- Fonksiyonumuz void işaretçilerinin temsil ettiği iki değerden hangisinin daha büyük olduğunu belirlemesi gerekirken, **void işaretçilerle** hangi tür **casting** kullanılacağını bilmediğinden bunları **doğrudan** karşılaştıramaz.
- Sadece uygulama (application) programı veri türlerini bilir.
- Çözüm, genel fonksiyonumuza kullanan her program için basit karşılaştırma (**compare**) fonksiyonları yazmaktadır.
 - Ardından, genel karşılaştırma fonksiyonunu çağrıdığımızda, kullanması gereken spesifik karşılaştırma **fonksiyonunu iletmek** için bir **isaretçi** kullanırız.

PROGRAM 1-5 Larger Compare Function Header file

```
1  /* Generic function to determine the larger of two
2   values referenced as void pointers.
3     Pre  dataPtr1 and dataPtr2 are pointers to values
4           of an unknown type.
5     ptrToCmpFun is address of a function that
6           knows the data types
7     Post data compared and larger value returned
```

```
8  */
9  void* larger (void* dataPtr1,      void* dataPtr2,
10            int (*ptrToCmpFun)(void*, void__))
11 {
12     if ((*ptrToCmpFun) (dataPtr1, dataPtr2) > 0)
13         return dataPtr1;
14     else
15         return dataPtr2;
16 } // larger
```

PROGRAM 1-6 Compare Two Integers

```
1  /* Demonstrate generic compare functions and pointer to
2   function.
3       Written by:
4       Date:
5   */
6  #include <stdio.h>
7  #include <stdlib.h>
8  #include "P1-05.h"           // Header file
9
10 int    compare (void* ptr1, void* ptr2);
11
12 int main (void)
13 {
14 // Local Definitions
15
16     int i = 7 ;
17     int j = 8 ;
18     int lrg;
19
20 // Statements
21     lrg = (*(int*) larger (&i, &j, compare));
22
23     printf ("Larger value is: %d\n", lrg);
24     return 0;
25 } // main
26 /* ===== compare =====
27     Integer specific compare function.
28         Pre  ptr1 and ptr2 are pointers to integer values
29         Post returns +1 if ptr1 >= ptr2
30             returns -1 if ptr1 <  ptr2
31 */
32 int compare (void* ptr1, void* ptr2)
```

PROGRAM 1-6 Compare Two Integers (*continued*)

```
33 {  
34     if (*(int*)ptr1 >= *(int*)ptr2)  
35         return 1;  
36     else  
37         return -1;  
38 } // compare
```

Results:

Larger value is: 8

Örnek: İki float sayının karşılaştırılması

- Genel **larger** fonksiyonumuzu kullanabiliriz, ancak yeni bir karşılaştırma (**compare**) fonksiyonu yazmamız gerekiyor.
- Sadece karşılaştırma fonksiyonunu ve **main** bloğundaki veriye özgü ifadeleri değiştirerek **PROGRAM 1-6**'yı tekrarlıyoruz.

PROGRAM 1-7 Compare Two Floating-Point Values

```
1  /* Demonstrate generic compare functions and pointer to
2   function.
3   Written by:
4   Date:
5 */
6 #include <stdio.h>
7 #include <stdlib.h>
8 #include "P1-05.h" // Header file
9
10 int compare (void* ptr1, void* ptr2);
11
12 int main (void)
13 {
14 // Local Definitions
15
16     float f1 = 73.4;
17     float f2 = 81.7;
18     float lrg;
19
20 // Statements
21     lrg = (*(float*) larger (&f1, &f2, compare));
22
23     printf ("Larger value is: %5.1f\n", lrg);
24     return 0;
25 } // main
26 /* ====== compare ======
27     Float specific compare function.
28     Pre ptr1 and ptr2 are pointers to float values
29     Post returns +1 if ptr1 >= ptr2
```

PROGRAM 1-7 Compare Two Floating-Point Values (*continued*)

```
30             returns -1 if ptr1 <  ptr2
31 */
32 int compare (void* ptr1, void* ptr2)
33 {
34     if (*(float*)ptr1 >= *(float*)ptr2)
35         return 1;
36     else
37         return -1;
38 } // compare
```

Results:

Larger value is: 81.7

Teşekkürler...