Corso “Programmazione 1”
Capitolo 04: Riferimenti e Puntatori

Docente:	Roberto Sebastiani - roberto.sebastiani@unitn.it
Esercitatori:	Mario Passamani - mario.passamani@unitn.it
	Alessandro Tomasi - alessandro.tomasi@unitn.it

C.D.L.:	Informatica (INF)
	Ing. Informatica, delle Comunicazioni ed Elettronica (ICE)
	Studenti con numero di matricola pari
A.A.:	2019-2020
Luogo:	DISI, Università di Trento
URL:	disi.unitn.it/rseba/DIDATTICA/prog1_2020/

Ultimo aggiornamento: 30 ottobre 2019, ore 11:29

I Tipi Derivati

- Dai tipi fondamentali, attraverso vari meccanismi, si possono derivare tipi più complessi
- I principali costrutti per costruire tipi derivati sono:
  - i riferimenti
  - i puntatori
  - gli array
  - le strutture
  - le unioni
  - le classi

I Tipi Derivati

- Dai tipi fondamentali, attraverso vari meccanismi, si possono derivare tipi più complessi
- I principali costrutti per costruire tipi derivati sono:
  - i riferimenti
  - i puntatori
  - gli array
  - le strutture
  - le unioni
  - le classi

Outline

Il Tipo “Riferimento a”

- I meccanismo dei riferimenti (reference) consente di dare nomi multipli a una variabile (o a un’espressione dotata di indirizzo)
  - Un riferimento è un sinonimo dell’espressione a cui fa riferimento
    $\Longrightarrow$ modificando l’una, si modifica anche l’altra (“aliasing”)
  - Un riferimento è un’espressione dotata di indirizzo
- Sintassi: `tipo & id = exp;`
  dove `exp` è un’espressione dotata di indirizzo

Esempio:

```
int x=1;
int &y=x;// y e' di tipo reference, e' sinonimo di x
y = 6;      // viene modificato anche x!
```

Vincoli sull'uso dei Riferimenti

- Nelle dichiarazioni di reference, l'inizializzazione è obbligatoria!

```
int &y; // errore!
```

- Non è possibile ridefinire una variabile di tipo riferimento precedentemente definita:

```
double x1,x2;
double &y=x1; // ok
double &y=x2; // errore! gia' definita!
```

- Non è (più) possibile definire un riferimento a
  - un'espressione non dotata di indirizzo,
  - o a un espressione dotata di indirizzo ma di tipo diverso.

```
float &y=10.2; // Errore
double d=3.1; //
int &z=d; // Errore
```

- Esempio di uso di references:
  { RIF_PUNT/reference.cc }

Vincoli sull'uso dei Riferimenti

- Nelle dichiarazioni di reference, l'inizializzazione è obbligatoria!

```
int &y; // errore!
```

- Non è possibile ridefinire una variabile di tipo riferimento precedentemente definita:

```
double x1,x2;
double &y=x1; // ok
double &y=x2; // errore! gia' definita!
```

- Non è (più) possibile definire un riferimento a
  - un'espressione non dotata di indirizzo,
  - o a un espressione dotata di indirizzo ma di tipo diverso.

```
float &y=10.2; // Errore
double d=3.1; //
int &z=d; // Errore
```

- Esempio di uso di references:
  { RIF_PUNT/reference.cc }

Vincoli sull'uso dei Riferimenti

- Nelle dichiarazioni di reference, l'inizializzazione è obbligatoria!

```
int &y; // errore!
```

- Non è possibile ridefinire una variabile di tipo riferimento precedentemente definita:

```
double x1,x2;
double &y=x1; // ok
double &y=x2; // errore! gia' definita!
```

- Non è (più) possibile definire un riferimento a
  - un'espressione non dotata di indirizzo,
  - o a un espressione dotata di indirizzo ma di tipo diverso.

```
float &y=10.2; // Errore
double d=3.1; //
int &z=d; // Errore
```

- Esempio di uso di references:
  { RIF_PUNT/reference.cc }

Vincoli sull'uso dei Riferimenti

- Nelle dichiarazioni di reference, l'inizializzazione è obbligatoria!

```
int &y; // errore!
```

- Non è possibile ridefinire una variabile di tipo riferimento precedentemente definita:

```
double x1,x2;
double &y=x1; // ok
double &y=x2; // errore! gia' definita!
```

- Non è (più) possibile definire un riferimento a
  - un'espressione non dotata di indirizzo,
  - o a un espressione dotata di indirizzo ma di tipo diverso.

```
float &y=10.2; // Errore
double d=3.1; //
int &z=d; // Errore
```

- Esempio di uso di references:
  { RIF_PUNT/reference.cc }

L'Operatore address-of "&"

- L'operatore & ("address-of") ritorna l'indirizzo (l-value) dell'espressione a cui è applicato
- Può essere applicato solo a espressioni dotate di indirizzo!
- Differente dall'uso di "&" nella definizione di riferimenti!

Esempio

```
cout <<  &l << endl; // stampa l'indirizzo di l
cout <<  &(l*5) << endl; // errore!

int n = 10;
int& r = n;
cout << "&n = " << &n << ", &r = " << &r << endl;
```

- Esempio di uso di address-of:
  { RIF_PUNT/address_1.cc }
- Riferimenti e address-of:
  { RIF_PUNT/rifVsAddressof.cc }

L'Operatore address-of "&"

- L'operatore & ("address-of") ritorna l'indirizzo (l-value) dell'espressione a cui è applicato
- Può essere applicato solo a espressioni dotate di indirizzo!
- Differente dall'uso di "&" nella definizione di riferimenti!

Esempio

```
cout <<  &l << endl; // stampa l'indirizzo di l
cout <<  &(l*5) << endl; // errore!

int n = 10;
int& r = n;
cout << "&n = " << &n << ", &r = " << &r << endl;
```

- Esempio di uso di address-of:
  { RIF_PUNT/address_1.cc }
- Riferimenti e address-of:
  { RIF_PUNT/rifVsAddressof.cc }

L'Operatore address-of "&"

- L'operatore & ("address-of") ritorna l'indirizzo (l-value) dell'espressione a cui è applicato
- Può essere applicato solo a espressioni dotate di indirizzo!
- Differente dall'uso di "&" nella definizione di riferimenti!

Esempio

```
cout <<  &l << endl; // stampa l'indirizzo di l
cout <<  &(l*5) << endl; // errore!

int n = 10;
int& r = n;
cout << "&n = " << &n << ", &r = " << &r << endl;
```

- Esempio di uso di address-of:
  { RIF_PUNT/address_1.cc }
- Riferimenti e address-of:
  { RIF_PUNT/rifVsAddressof.cc }

L'Operatore address-of "&"

- L'operatore & ("address-of") ritorna l'indirizzo (l-value) dell'espressione a cui è applicato
- Può essere applicato solo a espressioni dotate di indirizzo!
- Differente dall'uso di "&" nella definizione di riferimenti!

Esempio

```
cout <<  &l << endl; // stampa l'indirizzo di l
cout <<  &(l*5) << endl; // errore!

int n = 10;
int& r = n;
cout << "&n = " << &n << ", &r = " << &r << endl;
```

- Esempio di uso di address-of:
  { RIF_PUNT/address_1.cc }
- Riferimenti e address-of:
  { RIF_PUNT/rifVsAddressof.cc }

Outline

Il Tipo “Puntatore a...”

- Un puntatore contiene l’indirizzo di un altro oggetto
  - l’r-value di un puntatore è un indirizzo
- Definizione di un puntatore:
  - Sintassi: `tipo *id_or_init`
  - Esempio: `int *px; // px puntatore a un intero`
  - è sempre necessario indicare il tipo di oggetto a cui punta
- Un puntatore a tipo *t* può contenere solo indirizzi di oggetti di tipo *t*
- Ad una variabile puntatore viene associata una spazio di memoria atta a contenere un indirizzo di memoria,
- ...ma non viene riservato spazio di memoria per l’oggetto puntato!
- Lo spazio allocato a una variabile di tipo puntatore è sempre uguale, indipendentemente dal tipo dell’oggetto puntato

Il Tipo “Puntatore a...”

- Un puntatore contiene l’indirizzo di un altro oggetto
  - l’r-value di un puntatore è un indirizzo
- Definizione di un puntatore:
  - Sintassi: `tipo *id_or_init`
  - Esempio: `int *px; // px puntatore a un intero`
  - è sempre necessario indicare il tipo di oggetto a cui punta
- Un puntatore a tipo *t* può contenere solo indirizzi di oggetti di tipo *t*
- Ad una variabile puntatore viene associata una spazio di memoria atta a contenere un indirizzo di memoria,
- ...ma non viene riservato spazio di memoria per l’oggetto puntato!
- Lo spazio allocato a una variabile di tipo puntatore è sempre uguale, indipendentemente dal tipo dell’oggetto puntato

Il Tipo “Puntatore a...”

- Un puntatore contiene l’indirizzo di un altro oggetto
  - l’r-value di un puntatore è un indirizzo
- Definizione di un puntatore:
  - Sintassi: `tipo *id_or_init`
  - Esempio: `int *px; // px puntatore a un intero`
  - è sempre necessario indicare il tipo di oggetto a cui punta
- Un puntatore a tipo *t* può contenere solo indirizzi di oggetti di tipo *t*
- Ad una variabile puntatore viene associata una spazio di memoria atta a contenere un indirizzo di memoria,
- ...ma non viene riservato spazio di memoria per l’oggetto puntato!
- Lo spazio allocato a una variabile di tipo puntatore è sempre uguale, indipendentemente dal tipo dell’oggetto puntato

Il Tipo “Puntatore a...”

- Un puntatore contiene l’indirizzo di un altro oggetto
  - l’r-value di un puntatore è un indirizzo
- Definizione di un puntatore:
  - Sintassi: `tipo *id_or_init`
  - Esempio: `int *px; // px puntatore a un intero`
  - è sempre necessario indicare il tipo di oggetto a cui punta
- Un puntatore a tipo *t* può contenere solo indirizzi di oggetti di tipo *t*
- Ad una variabile puntatore viene associata una spazio di memoria atta a contenere un indirizzo di memoria,
- ...ma non viene riservato spazio di memoria per l’oggetto puntato!
- Lo spazio allocato a una variabile di tipo puntatore è sempre uguale, indipendentemente dal tipo dell’oggetto puntato

Il Tipo “Puntatore a...”

- Un puntatore contiene l’indirizzo di un altro oggetto
  - l’r-value di un puntatore è un indirizzo
- Definizione di un puntatore:
  - Sintassi: `tipo *id_or_init`
  - Esempio: `int *px; // px puntatore a un intero`
  - è sempre necessario indicare il tipo di oggetto a cui punta
- Un puntatore a tipo *t* può contenere solo indirizzi di oggetti di tipo *t*
- Ad una variabile puntatore viene associata una spazio di memoria atta a contenere un indirizzo di memoria,
- ...ma non viene riservato spazio di memoria per l’oggetto puntato!
- Lo spazio allocato a una variabile di tipo puntatore è sempre uguale, indipendentemente dal tipo dell’oggetto puntato

L'Operatore di Dereference "*"

- Per accedere all'oggetto puntato da una variabile puntatore occorre applicare l'operatore di dereference *
- Se `px` è punta a `x`, `*px` è un sinonimo temporaneo di `x` $\Longrightarrow$ modificando `*px` modifico `x`, e vice versa
- `*px` è un'espressione dotata di indirizzo

Esempio

```
int x=1; // x variabile tipo int
int *px; // px variabile puntatore
px=&x;   // accede alla variabile
         // puntatore
*px=x+1; // accede alla cella di memoria puntata
         // dalla variabile puntatore
```

L'esempio di cui sopra:
{ `RIF_PUNT/pointer.cc` }

Assegnazioni tra Puntatori

- Assegnando a un puntatore `q` il valore di un altro puntatore `p`, `q` punterà allo stesso oggetto puntato da `p`
  - `*p`, `*q` e l'oggetto puntato da loro sono temporaneamente sinonimi

```
int i, j;
int *p, *q;
p = &i; // p=indirizzo di i, *p sinonimo di i
q = &j; // q=indirizzo di j, *q sinonimo di j
*q = *p;  // equivale a j=i
q = p;  // equivale a q=indirizzo di i
```

- L'esempio di cui sopra espanso:
  { `RIF_PUNT/pointer1.cc` }
- L'esempio di cui sopra espanso (2):
  { `RIF_PUNT/pointer2.cc` }

Assegnazioni tra Puntatori

- Assegnando a un puntatore `q` il valore di un altro puntatore `p`, `q` punterà allo stesso oggetto puntato da `p`
  - `*p`, `*q` e l'oggetto puntato da loro sono temporaneamente sinonimi

```
int i, j;
int *p, *q;
p = &i; // p=indirizzo di i, *p sinonimo di i
q = &j; // q=indirizzo di j, *q sinonimo di j
*q = *p;  // equivale a j=i
q = p;  // equivale a q=indirizzo di i
```

- L'esempio di cui sopra espanso:
  { `RIF_PUNT/pointer1.cc` }
- L'esempio di cui sopra espanso (2):
  { `RIF_PUNT/pointer2.cc` }

Assegnazioni tra Puntatori

- Assegnando a un puntatore `q` il valore di un altro puntatore `p`, `q` punterà allo stesso oggetto puntato da `p`
  - `*p`, `*q` e l'oggetto puntato da loro sono temporaneamente sinonimi

```
int i, j;
int *p, *q;
p = &i; // p=indirizzo di i, *p sinonimo di i
q = &j; // q=indirizzo di j, *q sinonimo di j
*q = *p;  // equivale a j=i
q = p;  // equivale a q=indirizzo di i
```

- L'esempio di cui sopra espanso:
  { `RIF_PUNT/pointer1.cc` }
- L'esempio di cui sopra espanso (2):
  { `RIF_PUNT/pointer2.cc` }

Esempi su puntatori e riferimenti

- Esempio: riferimento ad un oggetto puntato da un puntatore:
  il riferimento “segue” il puntatore?:
  { `RIF_PUNT/rif_deref.cc` }

Puntatori a void (cenni)

- In alcuni casi è utile avere una variabile puntatore che possa puntare ad entità di tipo diverso;
- tale variabile viene dichiarata di tipo “puntatore a void” cioè a tipo non specificato

```
int i; int *pi=&i;
char c; char *pc=&c;
void *tp;
tp = pi;        // punta a int
*(int*)tp=3;
tp = pc;        // punta a char
*(char*)tp='C';
```

Esempio di cui sopra:
{ RIF_PUNT/punt_a_void.cc }

Puntatori a costante (cenni)

- Definizione
  - Sintassi: `const tipo *id_or_init;`
  - Esempio: `const int *pc1 = &c1;`
- Idea: non permettono di modificare l'oggetto puntato tramite dereference del puntatore stesso
- Nota: non rendono l'oggetto puntato una costante

```
const int c1 = 3; int c2 = 5;
const int *pc1 = &c1;  // ok
const int *pc2 = &c2;  // ok
pc2 = pc1; // ok
pc1 = &c2; // ok
*pc1 = 2;  // errore
c2 = 2;    // ok
```

Esempio di cui sopra:

{ `RIF_PUNT/punt_a_cost.cc` }

Costanti puntatore (cenni)

- Definizione
  - Sintassi: `tipo *const id=exp;`
  - Esempio: `int *const pa = &a;`
- Idea: non permettono di puntare ad un altro oggetto
- L'oggetto puntato può essere modificato tramite dereference del puntatore stesso

```
int a, b;
int *const pa = &a;
*pa = 3;   // ok
pa = &b    // errore: pa e' costante
```

Esempio di cui sopra:
{ RIF_PUNT/const_punt.cc }

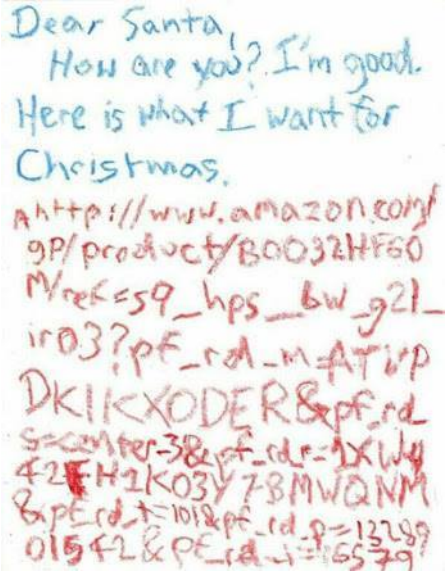
Costanti puntatore a costante (cenni)

- Definizione
  - Sintassi: `const tipo *const id=exp;`
  - Esempio: `const int *const a = &c;`
- Idea: non permettono di puntare ad un altro oggetto
- L'oggetto puntato non può essere modificato tramite dereference del puntatore stesso

```
const int b = 2;
const int c = 3;
const int *const a = &c;
a = &b; // errore
*a= 2;  // errore
c = 5;  // errore
```

Esempio di cui sopra:
{ RIF_PUNT/const_punt_const.cc }

Utilizzo pratico di puntatori



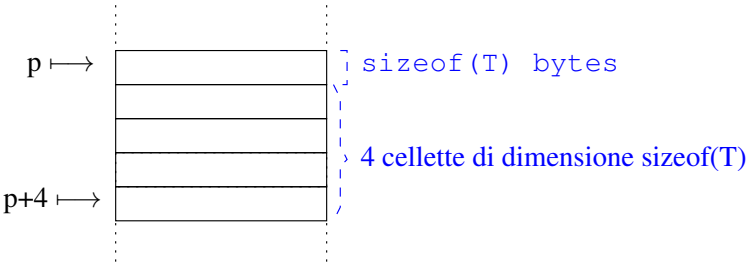
Outline

Aritmetica di Puntatori ed Indirizzi

Gli indirizzi e i puntatori hanno un'aritmetica:
se `p` è di tipo `T*` e `i` è un intero, allora:

- `p+i` è di tipo `T*` ed è l'indirizzo di un oggetto di tipo `T` che si trova in memoria dopo `i` posizioni di dimensione `sizeof(T)`
- analogo discorso vale per `p++`, `++p`, `p--`, `--p`, `p+=i`, ecc.

$\Longrightarrow$ `i` viene implicitamente moltiplicato per `sizeof(T)`

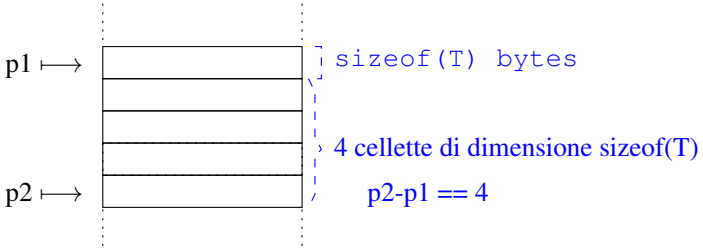


Aritmetica di Puntatori ed Indirizzi II

se `p1, p2` sono di tipo `T*`, allora:

- `p2-p1` è un intero ed è il numero di posizioni di dimensione `sizeof(T)` per cui `p1` precede `p2` (negativo se `p2` precede `p1`)
- si possono applicare operatori di confronto `p1<p2`, `p1>=p2`,ecc.

$\Longrightarrow$ `p2-p1` viene implicitamente diviso per `sizeof(T)`



Esempio di operazioni aritmetiche su puntatori:

{ `RIF_PUNT/aritmetica_punt.cc` }

Priorità tra dereference e operatori aritmetici

Nota

Attenzione alle priorità tra l'operatore dereference "`*`" e gli operatori aritmetici:

- `*pv+1` è equivalente a `(*pv)+1`, non a `*(pv+1)`
- `*pv++` è equivalente a `*(pv++)`, non a `(*pv)++`

$\Longrightarrow$ è consigliabile usare le parentesi per non confondersi.

- Esempio di cui sopra:
  { `RIF_PUNT/priorita.cc` }

Priorità tra dereference e operatori aritmetici

Nota

Attenzione alle priorità tra l'operatore dereference "`*`" e gli operatori aritmetici:

- `*pv+1` è equivalente a `(*pv)+1`, non a `*(pv+1)`
- `*pv++` è equivalente a `*(pv++)`, non a `(*pv)++`

$\Longrightarrow$ è consigliabile usare le parentesi per non confondersi.

- Esempio di cui sopra:
  { `RIF_PUNT/priorita.cc` }