

Metodología de la Programación

Tema 5. Clases II: Sobrecarga de operadores

Andrés Cano Utrera
(acu@decsai.ugr.es)
Departamento de Ciencias de la Computación e I.A.



Curso 2018-2019

Contenido del tema

- 1 Introducción a la sobrecarga de operadores
- 2 Mecanismos de sobrecarga de operadores
 - Sobrecarga como función externa: Ejemplo operator+
 - Sobrecarga como función miembro: Ejemplo operator+
 - Sobrecarga de operadores como función miembro o externa
- 3 El operador de asignación
- 4 La clase mínima
- 5 Operadores << y >>
 - Sobrecarga del operador <<
 - Sobrecarga del operador >>
 - Sobrecarga del operador << con una función amiga
- 6 Operador de indexación
- 7 Operadores de asignación compuestos
- 8 Operadores relacionales
- 9 Operadores de incremento y decremento
- 10 Operador de llamada a función

(Universidad de Granada)

Metodología de la Programación

Curso 2018-2019

1 / 62

Introducción a la sobrecarga de operadores

(Universidad de Granada)

Metodología de la Programación

Curso 2018-2019

2 / 62

Introducción a la sobrecarga de operadores

Contenido del tema

- 1 Introducción a la sobrecarga de operadores
- 2 Mecanismos de sobrecarga de operadores
 - Sobrecarga como función externa: Ejemplo operator+
 - Sobrecarga como función miembro: Ejemplo operator+
 - Sobrecarga de operadores como función miembro o externa
- 3 El operador de asignación
- 4 La clase mínima
- 5 Operadores << y >>
 - Sobrecarga del operador <<
 - Sobrecarga del operador >>
 - Sobrecarga del operador << con una función amiga
- 6 Operador de indexación
- 7 Operadores de asignación compuestos
- 8 Operadores relacionales
- 9 Operadores de incremento y decremento
- 10 Operador de llamada a función

Introducción a la sobrecarga de operadores

- C++ permite usar un conjunto de operadores con los tipos predefinidos que hace que el código sea muy **legible y fácil de entender**.
- Por ejemplo, la expresión:

$$resultado = a + \frac{b \cdot c}{d \cdot (e + f)}$$

se calcularía en C++ con:

```
resultado = a+(b*c)/(c*(e+f))
```

- Si usamos un tipo que no dispone de esos operadores escribiríamos:

```
resultado = Suma(a,Divide(Producto(b,c),Producto(c,Suma(e,f))))
```

que es más engorroso de escribir y entender.

(Universidad de Granada)

Metodología de la Programación

Curso 2018-2019

3 / 62

(Universidad de Granada)

Metodología de la Programación

Curso 2018-2019

4 / 62

Introducción a la sobrecarga de operadores

- C++ permite **sobrecargar** casi todos sus operadores en nuestras propias clases, para que podamos usarlos con los objetos de tales clases.
- Para ello, definiremos un método o una función cuyo nombre estará compuesto de la palabra `operator` junto con el operador correspondiente. Ejemplo: `operator+()`.
- Esto permitirá usar la siguiente sintaxis para hacer cálculos con objetos de nuestras propias clases:

```
Polinomio p, q, r;
// ...
r= p+q;
```

- No puede modificarse la sintaxis de los operadores (número de operandos, precedencia y asociatividad).
- No deberíamos tampoco modificar la semántica de los operadores.

Operadores que pueden sobrecargarse

+	-	*	/	%	^	&		~	<<	>>
=	+=	-=	*=	/=	%=	^=	&=	=	>>=	<<=
==	!=	<	>	<=	>=	!	&&		++	--
->*	,	->	[]	()	new	new[]	delete	delete[]		

- Los operadores que no pueden sobrecargarse son:

.	.*	::	?:	sizeof
---	----	----	----	--------

- Al sobrecargar un operador no se sobrecargan automáticamente operadores relacionados.

Por ejemplo, al sobrecargar `+` no se sobrecarga automáticamente `+=`, ni al sobrecargar `==` lo hace automáticamente `!=`.

Contenido del tema

- 1 Introducción a la sobrecarga de operadores
- 2 Mecanismos de sobrecarga de operadores
 - Sobrecarga como función externa: Ejemplo `operator+`
 - Sobrecarga como función miembro: Ejemplo `operator+`
 - Sobrecarga de operadores como función miembro o externa
- 3 El operador de asignación
- 4 La clase mínima
- 5 Operadores `<<` y `>>`
 - Sobrecarga del operador `<<`
 - Sobrecarga del operador `>>`
 - Sobrecarga del operador `<<` con una función amiga
- 6 Operador de indexación
- 7 Operadores de asignación compuestos
- 8 Operadores relacionales
- 9 Operadores de incremento y decremento
- 10 Operador de llamada a función

Contenido del tema

- 1 Introducción a la sobrecarga de operadores
- 2 Mecanismos de sobrecarga de operadores
 - Sobrecarga como función externa: Ejemplo `operator+`
 - Sobrecarga como función miembro: Ejemplo `operator+`
 - Sobrecarga de operadores como función miembro o externa
- 3 El operador de asignación
- 4 La clase mínima
- 5 Operadores `<<` y `>>`
 - Sobrecarga del operador `<<`
 - Sobrecarga del operador `>>`
 - Sobrecarga del operador `<<` con una función amiga
- 6 Operador de indexación
- 7 Operadores de asignación compuestos
- 8 Operadores relacionales
- 9 Operadores de incremento y decremento
- 10 Operador de llamada a función

Sobrecarga como función externa

Sobrecarga como función externa

Consiste en añadir una función externa a la clase, que recibirá dos objetos (o uno para operadores unarios) de la clase y devolverá el resultado de la operación.

```
Polinomio operator+(const Polinomio &p1, const Polinomio &p2);
```

- Cuando el compilador encuentre una expresión tal como $p+q$, la interpretará como una llamada a la función `operator+(p,q)`
- Incluso podríamos sobrecargar el operador aunque los dos operandos sean de tipos distintos:

- Suma de Polinomio con float: $pol+3.5$

```
Polinomio operator+(const Polinomio &p1, float f);
```

- Suma de float con Polinomio: $3.5+pol$

```
Polinomio operator+(float f, const Polinomio &p1);
```

Contenido del tema

1 Introducción a la sobrecarga de operadores

2 Mecanismos de sobrecarga de operadores

- Sobrecarga como función externa: Ejemplo `operator+`

- Sobrecarga como función miembro: Ejemplo `operator+`

- Sobrecarga de operadores como función miembro o externa

3 El operador de asignación

4 La clase mínima

5 Operadores `<<` y `>>`

- Sobrecarga del operador `<<`

- Sobrecarga del operador `>>`

- Sobrecarga del operador `<<` con una función amiga

6 Operador de indexación

7 Operadores de asignación compuestos

8 Operadores relacionales

9 Operadores de incremento y decremento

10 Operador de llamada a función

Sobrecarga como función externa

```
Polinomio operator+(const Polinomio &p1, const Polinomio &p2){
    int gmax=(p1.getGrado()>p2.getGrado())?
        p1.getGrado():p2.getGrado();
    Polinomio resultado(gmax);
    for(int i=0;i<=gmax;++i){
        resultado.setCoeficiente(i,
            p1.getCoeficiente(i)+p2.getCoeficiente(i));
    }
    return resultado;
}

int main(){
    Polinomio p1, p2, p3;
    ... // dar valores a coeficientes de p2 y p3
    p1 = p2 + p3; // equivalente a p1 = operator+(p2,p3);
}
```

Sobrecarga como función miembro

Sobrecarga como función miembro

Consiste en añadir un método a la clase, que recibirá un objeto (o ninguno para operadores unarios) de la clase y devolverá el resultado de la operación.

```
Polinomio Polinomio::operator+(const Polinomio &p) const;
```

- Cuando el compilador encuentre una expresión tal como $p+q$ la interpretará como una llamada al método `p.operator+(q)`
- También podríamos sobrecargar así el operador con un operando de tipo distinto:
 - Suma de Polinomio con float: $pol+3.5$

```
Polinomio Polinomio::operator+(float f) const;
```
- Sin embargo no es posible definir así el operador para usarlo con expresiones del tipo: $3.5+pol$

Sobrecarga como función miembro

```
Polinomio Polinomio::operator+(const Polinomio &pol) const{
    int gmax=(this->getGrado()>pol.getGrado())?
        this->getGrado():pol.getGrado();
    Polinomio resultado(gmax);
    for(int i=0;i<=gmax;++i){
        resultado.setCoeficiente(i,
            this->getCoeficiente(i)+pol.getCoeficiente(i));
    }
    return resultado;
}

int main(){
    Polinomio p1, p2, p3;
    ... // dar valores a coeficientes de p2 y p3
    p1 = p2 + p3; // equivalente a p1 = p2.operator+(p3);
}
```

Contenido del tema

- 1 Introducción a la sobrecarga de operadores
- 2 Mecanismos de sobrecarga de operadores
 - Sobrecarga como función externa: Ejemplo operator+
 - Sobrecarga como función miembro: Ejemplo operator+
 - Sobrecarga de operadores como función miembro o externa
- 3 El operador de asignación
- 4 La clase mínima
- 5 Operadores << y >>
 - Sobrecarga del operador <<
 - Sobrecarga del operador >>
 - Sobrecarga del operador << con una función amiga
- 6 Operador de indexación
- 7 Operadores de asignación compuestos
- 8 Operadores relacionales
- 9 Operadores de incremento y decremento
- 10 Operador de llamada a función

Sobrecarga como función miembro o externa

- La sobrecarga de un operador con una **función miembro** puede hacerse si tenemos acceso al código fuente de la clase y el primer operando es del tipo de la clase.

Ejemplo: Para sumar dos polinomios, podemos sobrecargar operator+ en la clase Polinomio con una función miembro, pues tenemos acceso a su implementación.

```
Polinomio Polinomio::operator+(const Polinomio &pol) const{
    ...
}

int main(){
    Polinomio p1, p2, p3;
    ... // dar valores a coeficientes de p2 y p3
    p1 = p2 + p3; // equivalente a p1 = p2.operator+(p3);
}
```

- El lenguaje obliga a que los operadores (), [], -> y el operador de asignación, sean implementados como **funciones miembro**.

Sobrecarga como función miembro o externa

- Si el primer operando debe ser un objeto de una clase diferente, debemos sobrecargarlo como **función externa**.
- Ejemplo:** El operador + para concatenar un string con un Polinomio lo implementaremos con una función externa.

```
string operator+(const string& cadena, const Polinomio& pol){
    ...
}

int main(){
    Polinomio p;
    string s1="Polinomio: ", s2;
    ...
    s2 = s1 + p; // equivale a s2 = operator+(s1, p);
}
```

- También, si el primer operando debe ser un dato de un tipo primitivo, debemos sobrecargarlo como **función externa**.

```
Polinomio operator+(int i, const Polinomio& pol){
    ...
}

int main(){
    Polinomio p1, p2;
    int i;
    ... // dar valores a coeficientes de p1 y p2
    p1 = i + p2; // equivale a p1 = operator+(i, p2);
}
```

Sobrecarga como función miembro o externa

Directrices para elegir entre miembro y no-miembro

Según el libro de Rob Murray, C++ Strategies & Tactics , Addison Wesley, 1993, página 47.

Operador	Uso recomendado
Todos los operadores unarios	miembro
= () [] -> ->*	debe ser miembro
+= -= /= *= ^= &= = %= >>= <<=	miembro
El resto de operadores binarios	no miembro

Contenido del tema

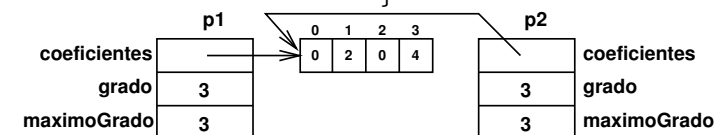
- Introducción a la sobrecarga de operadores
- Mecanismos de sobrecarga de operadores
 - Sobrecarga como función externa: Ejemplo operator+
 - Sobrecarga como función miembro: Ejemplo operator+
 - Sobrecarga de operadores como función miembro o externa
- El operador de asignación**
- La clase mínima
- Operadores << y >>
 - Sobrecarga del operador <<
 - Sobrecarga del operador >>
 - Sobrecarga del operador << con una función amiga
- Operador de indexación
- Operadores de asignación compuestos
- Operadores relacionales
- Operadores de incremento y decremento
- Operador de llamada a función

El operador de asignación

- En el siguiente código, la sentencia de asignación no funciona bien, ya que hace que p1 y p2 compartan la misma memoria dinámica al no haberse definido el método operator=.
- Cuando se ejecuta el destructor de p2 se produce un error al intentar liberar la memoria dinámica que liberó el destructor de p1.

```
class Polinomio {
private:
    float *coef;
    int grado;
    int maximoGrado;
public:
    Polinomio(int maxGrado=10);
    ~Polinomio();
    ...
};

int main(){
    Polinomio p1, p2;
    p1.setCoeficiente(3,4);
    p1.setCoeficiente(1,2);
    p2=p1;
    cout<<"Polinomio p1:"<<endl;
    p1.imprimir(); cout << endl;
    cout<<"Polinomio p2:"<<endl;
    p2.imprimir();
}
```



El operador de asignación: primera aproximación

```
void operator=(const Polinomio &pol);
```

- Cuando realizamos una asignación del tipo $p=q$, el compilador lo interpreta como la llamada $p.operator=(q)$.
- Para evitar una copia innecesaria de q , pasamos el parámetro por referencia añadiendo `const`.
- En una asignación $p=q$ se da valor a un objeto que ya estaba construido ($*this$ ya está construido).
- En el constructor de copia se da valor a un objeto que está por construir.
- Por ello, en el operador de asignación debemos empezar liberando la memoria dinámica alojada en $*this$.
- El resto es idéntico al constructor de copia.

El operador de asignación: primera aproximación

```
void Polinomio::operator=(const Polinomio &pol){
    delete[] this->coeficientes;
    this->maximoGrado=pol.maximoGrado;
    this->grado=pol.grado;
    this->coeficientes=new float[this->maximoGrado+1];
    for(int i=0; i<=maximoGrado; ++i)
        this->coeficientes[i]=pol.coeficientes[i];
}
```

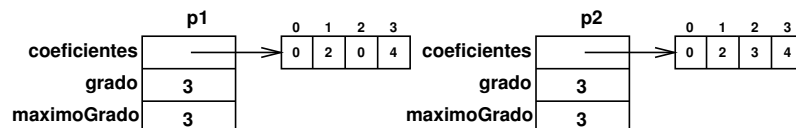
- Podemos ver que coincide con el constructor de copia, excepto en la primera línea.

El operador de asignación: primera aproximación

```
class Polinomio {
private:
    float *coeficientes;
    int grado;
    int maximoGrado;
public:
    Polinomio(int maxGrado=10);
    ~Polinomio();
    ...
    void operator=(const Polinomio &pol);
};

void Polinomio::operator=(const Polinomio &pol){
    delete[] this->coeficientes;
    this->maximoGrado=pol.maximoGrado;
    this->grado=pol.grado;
    this->coeficientes=new float[this->maximoGrado+1];
    for(int i=0; i<=maximoGrado; ++i)
        this->coeficientes[i]=pol.coeficientes[i];
}
```

```
int main(){
    Polinomio p1, p2;
    p1.setCoeficiente(3,4);
    p1.setCoeficiente(1,2);
    p2=p1;
    cout<<"Polinomio p1:"<<endl;
    p1.imprimir(); cout << endl;
    cout<<"Polinomio p2:"<<endl;
    p2.imprimir(); cout << endl;
    p2.setCoeficiente(2,3);
    cout<<"Polinomio p1:"<<endl;
    p1.imprimir(); cout << endl;
    cout<<"Polinomio p2:"<<endl;
    p2.imprimir();
}
```



El operador de asignación: segunda aproximación

```
Polinomio& operator=(const Polinomio &pol);
```

- Recordemos que el operador de asignación puede usarse de la siguiente forma: $p=q=r=s$;
- C++ evalúa la expresión anterior de derecha a izquierda, de forma que lo primero que realiza es $r=s$.
- El resultado de esta última expresión ($r=s$) es el objeto que queda a la izquierda (r), que se usa para evaluar el siguiente operador de asignación (asignación a q).
- Por tanto `operator=` debe devolver el mismo tipo de la clase (`Polinomio` en este caso).
- Para que la llamada a $r.operator=(s)$ devuelva el objeto r es necesario que la devolución sea por referencia.

El operador de asignación: segunda aproximación

```
Polinomio& Polinomio::operator=(const Polinomio &pol){
    delete[] this->coeficientes;
    this->maximoGrado=pol.maximoGrado;
    this->grado=pol.grado;
    this->coeficientes=new float[this->maximoGrado+1];
    for(int i=0; i<=maximoGrado; ++i)
        this->coeficientes[i]=pol.coeficientes[i];
    return *this;
}
```

- Como podemos ver, el método devuelve (por referencia) el objeto actual.

El operador de asignación: implementación final

```
Polinomio& operator=(const Polinomio &pol);
```

- En el caso de realizar una asignación del tipo $p=p$ nuestro operador de asignación no funcionaría bien.
- En tal caso, dentro del método `operator=`, `*this` y `pol` son el mismo objeto.

```
Polinomio& Polinomio::operator=(const Polinomio &pol){
    if(&pol!=this){
        delete[] this->coeficientes;
        this->maximoGrado=pol.maximoGrado;
        this->grado=pol.grado;
        this->coeficientes=new float[this->maximoGrado+1];
        for(int i=0; i<=maximoGrado; ++i)
            this->coeficientes[i]=pol.coeficientes[i];
    }
    return *this;
}
```

El operador de asignación: esquema genérico

Esquema genérico del operador de asignación

En una clase que tenga datos miembro que usen memoria dinámica, el esquema genérico del operador de asignación (`operator=`) sería el siguiente:

```
CLASE& CLASE::operator=(const CLASE &p)
{
    if (&p!=this) { // Si no es el mismo objeto
        // Si *this tiene memoria dinámica -> liberarla
        // Copiar p en *this (reservar nueva memoria y copiar)
    }
    return *this; // Devolver referencia a *this
}
```

Contenido del tema

- 1 Introducción a la sobrecarga de operadores
- 2 Mecanismos de sobrecarga de operadores
 - Sobrecarga como función externa: Ejemplo `operator+`
 - Sobrecarga como función miembro: Ejemplo `operator+`
 - Sobrecarga de operadores como función miembro o externa
- 3 El operador de asignación
- 4 **La clase mínima**
- 5 Operadores `<<` y `>>`
 - Sobrecarga del operador `<<`
 - Sobrecarga del operador `>>`
 - Sobrecarga del operador `<<` con una función amiga
- 6 Operador de indexación
- 7 Operadores de asignación compuestos
- 8 Operadores relacionales
- 9 Operadores de incremento y decremento
- 10 Operador de llamada a función

La clase mínima

- En una clase, normalmente construiremos un constructor por defecto.
- Cuando la clase tiene datos miembro que usan memoria dinámica, añadiremos el destructor, constructor de copia y operador de asignación.

```
class Polinomio {
private:
    float *coeficientes;    // Array con los coeficientes
    int grado;              // Grado de este polinomio
    int maximoGrado;        // Máximo grado permitido en este polinomio
public:
    Polinomio();            // Constructor por defecto
    Polinomio(const Polinomio &p); // Constructor de copia
    ~Polinomio();           // Destructor
    Polinomio& operator=(const Polinomio &pol);
    void setCoeficiente(int i, float c);
    float getCoeficiente(int i) const;
    int getGrado() const;
};
```

Contenido del tema

- 1 Introducción a la sobrecarga de operadores
- 2 Mecanismos de sobrecarga de operadores
 - Sobrecarga como función externa: Ejemplo operator+
 - Sobrecarga como función miembro: Ejemplo operator+
 - Sobrecarga de operadores como función miembro o externa
- 3 El operador de asignación
- 4 La clase mínima
- 5 Operadores << y >>
 - Sobrecarga del operador <<
 - Sobrecarga del operador >>
 - Sobrecarga del operador << con una función amiga
- 6 Operador de indexación
- 7 Operadores de asignación compuestos
- 8 Operadores relacionales
- 9 Operadores de incremento y decremento
- 10 Operador de llamada a función

Funciones miembro predefinidas

C++ proporciona una implementación por defecto para el constructor por defecto, destructor, constructor de copia y operador de asignación.

- Si no incluimos ningún constructor, C++ proporciona el **constructor por defecto** que tiene un cuerpo vacío.
- Si no incluimos el **destructor**, C++ proporciona uno con cuerpo vacío.
- Si no incluimos el **constructor de copia**, C++ proporciona uno que hace una copia de cada dato miembro llamando al constructor de copia de la clase a la que pertenece cada uno.
- Si no incluimos el **operador de asignación**, C++ proporciona uno que hace una asignación de cada dato miembro de la clase.

Contenido del tema

- 1 Introducción a la sobrecarga de operadores
- 2 Mecanismos de sobrecarga de operadores
 - Sobrecarga como función externa: Ejemplo operator+
 - Sobrecarga como función miembro: Ejemplo operator+
 - Sobrecarga de operadores como función miembro o externa
- 3 El operador de asignación
- 4 La clase mínima
- 5 Operadores << y >>
 - Sobrecarga del operador <<
 - Sobrecarga del operador >>
 - Sobrecarga del operador << con una función amiga
- 6 Operador de indexación
- 7 Operadores de asignación compuestos
- 8 Operadores relacionales
- 9 Operadores de incremento y decremento
- 10 Operador de llamada a función

Sobrecarga del operador <<

Operador << (operador de salida)

Se usa para enviar el contenido de un objeto a un flujo de salida (por ej. cout)

- Podemos sobrecargar el operador << para mostrar un objeto usando la sintaxis `cout << p` (equivalente a `cout.operator<<(p)`).
- Puesto que no podemos añadir un método a la clase ostream (a la que pertenece cout), usamos una **función externa**.

```
ostream& operator<<(ostream& flujo, const Polinomio& p){
    flujo << p.getCoficiente(p.getGrado()); //Mostrar término grado mayor
    if(p.getGrado()>1)
        flujo << "x^" << p.getGrado();
    else if (p.getGrado()==1)
        flujo << "x";
    for(int i=p.getGrado()-1;i>=0;--i){ //Recorrer resto de términos
        if(p.getCoficiente(i)!=0.0){ //Si el coeficiente no es 0.0
            if(p.getCoficiente(i)>0.0) //imprimir coeficiente positivo
                flujo << " + " << p.getCoficiente(i);
            else //imprimir coeficiente negativo
                flujo << " - " << -p.getCoficiente(i);
            if(i>1)
                flujo << "x^" << i;
            else if (i==1)
                flujo << "x";
        }
    }
    return flujo;
}
```

Sobrecarga del operador <<

- La función hace una devolución por referencia del flujo (ostream&).
- Esto se hace para poder usar sentencias como las siguientes:

```
Polinomio p1, p2;
... // Dar valor a coeficientes de p1 y p2
cout << p1;
cout << p1 << p2;
```

- `cout << p1 << p2` se evalúa de izquierda a derecha: (`cout << p1`) << p2;

Sobrecarga del operador <<: Ejemplo de uso

```
ostream& operator<<(ostream& flujo, const Polinomio& p){
    flujo << p.getCoficiente(p.getGrado()); //Mostrar término grado mayor
    if(p.getGrado()>1)
        flujo << "x^" << p.getGrado();
    else if (p.getGrado()==1)
        flujo << "x";
    for(int i=p.getGrado()-1;i>=0;--i){ //Recorrer resto de términos
        if(p.getCoficiente(i)!=0.0){ //Si el coeficiente no es 0.0
            if(p.getCoficiente(i)>0.0) //imprimir coeficiente positivo
                flujo << " + " << p.getCoficiente(i);
            else //imprimir coeficiente negativo
                flujo << " - " << -p.getCoficiente(i);
            if(i>1)
                flujo << "x^" << i;
            else if (i==1)
                flujo << "x";
        }
    }
    return flujo;
}

int main(){
    Polinomio p1,p2;
    p1.setCoficiente(3,4);
    p1.setCoficiente(1,2);
    p2=p1;
    p2.setCoficiente(5,3);
    cout<<p1<<p2<<endl;
}
```

Contenido del tema

- 1 Introducción a la sobrecarga de operadores
- 2 Mecanismos de sobrecarga de operadores
 - Sobrecarga como función externa: Ejemplo operator+
 - Sobrecarga como función miembro: Ejemplo operator+
 - Sobrecarga de operadores como función miembro o externa
- 3 El operador de asignación
- 4 La clase mínima
- 5 Operadores << y >>
 - Sobrecarga del operador <<
 - Sobrecarga del operador >>
 - Sobrecarga del operador << con una función amiga
- 6 Operador de indexación
- 7 Operadores de asignación compuestos
- 8 Operadores relacionales
- 9 Operadores de incremento y decremento
- 10 Operador de llamada a función

Sobrecarga del operador >>

Operador >> (operador de entrada)

Se usa para leer el contenido de un objeto desde un flujo de entrada (por ej. cin).

- Podemos sobrecargar el operador >> para leer un objeto usando la sintaxis `cin >> p` (equivalente a `cin.operator>>(p)`).
- De nuevo, puesto que no podemos añadir un método a la clase `istream` (a la que pertenece `cin`), sobrecargaremos este operador con una **función externa**.

Sobrecarga del operador >>

```
istream& operator>>(std::istream &flujo, Polinomio &p){
    int g;
    float v;

    p.clear();
    do{
        flujo>> v >> g; //Introducir coeficientes en la forma "coeficiente grado"
        if(g>=0){ // Se introduce grado<0 para terminar
            p.setCoeficiente(g,v);
        }
    }while(g>=0);
    return flujo;
}

void Polinomio::clear(){
    if(coef)
        delete[] coef;
    grado=0;
    max_grado=10;
    coef=new float[max_grado+1];
    for(int i=0; i<=max_grado; ++i)
        coef[i]=0.0;
}
```

Sobrecarga del operador >>

- De nuevo, el método devuelve por referencia el flujo (`istream&`).
- Esto se hace para poder usar sentencias como las siguientes:


```
Polinomio p1, p2;
cin >> p1;
cin >> p1 >> p2;
```
- `cin >> p1 >> p2` se evalúa de izquierda a derecha:


```
(cin >> p1) >> p2;
```

Sobrecarga del operador >>: Ejemplo de uso

```
istream& operator>>(std::istream &flujo, Polinomio &p){
    int g;
    float v;

    p.clear();
    do{
        flujo>> v >> g; //Introducir coeficientes en la forma "coeficiente grado"
        if(g>=0){ // Se introduce grado<0 para terminar
            p.setCoeficiente(g,v);
        }
    }while(g>=0);
    return flujo;
}

int main(){
    Polinomio p1;
    cout<<"Introduce polinomio \"coeficiente grado\" con 0 -1 para terminar: ";
    cin>>p1;
    cout<<"Polinomio="<<p1;
}
```

Contenido del tema

- 1 Introducción a la sobrecarga de operadores
- 2 Mecanismos de sobrecarga de operadores
 - Sobrecarga como función externa: Ejemplo operator+
 - Sobrecarga como función miembro: Ejemplo operator+
 - Sobrecarga de operadores como función miembro o externa
- 3 El operador de asignación
- 4 La clase mínima
- 5 Operadores << y >>
 - Sobrecarga del operador <<
 - Sobrecarga del operador >>
 - Sobrecarga del operador << con una función amiga
- 6 Operador de indexación
- 7 Operadores de asignación compuestos
- 8 Operadores relacionales
- 9 Operadores de incremento y decremento
- 10 Operador de llamada a función

Sobrecarga del operador << con una función amiga

```
class Polinomio {
    float *coeficientes; // Array con los coeficientes
    int grado; // Grado de este polinomio
    int maximoGrado; // Máximo grado permitido en este polinomio
    void inicializar();
public:
    ...
    friend ostream& operator<<(ostream &flujo, const Polinomio &p);
};
```

Sobrecarga del operador << con una función amiga

```
ostream& operator<<(ostream &flujo, const Polinomio &p){
    flujo << p.coeficientes[p.grado]; // Término de grado mayor
    if(p.grado>1)
        flujo << "x^" << p.grado;
    else if(p.grado==1)
        flujo << "x";
    for(int i=p.grado-1;i>=0;--i){ //Recorrer resto de términos
        if(p.coeficientes[i]!=0.0){ // Si el coeficiente no es 0.0
            if(p.coeficientes[i]>0.0)
                flujo<<" + "<< p.coeficientes[i];
            else
                flujo<<" - "<< -p.coeficientes[i];
            if(i>1)
                flujo << "x^" << i;
            else if (i==1)
                flujo << "x";
        }
    }
    return flujo;
}
```

Contenido del tema

- 1 Introducción a la sobrecarga de operadores
- 2 Mecanismos de sobrecarga de operadores
 - Sobrecarga como función externa: Ejemplo operator+
 - Sobrecarga como función miembro: Ejemplo operator+
 - Sobrecarga de operadores como función miembro o externa
- 3 El operador de asignación
- 4 La clase mínima
- 5 Operadores << y >>
 - Sobrecarga del operador <<
 - Sobrecarga del operador >>
 - Sobrecarga del operador << con una función amiga
- 6 **Operador de indexación**
- 7 Operadores de asignación compuestos
- 8 Operadores relacionales
- 9 Operadores de incremento y decremento
- 10 Operador de llamada a función

Operador de indexación

Operador de indexación

La función `operator[]` permite sobrecargar el operador de indexación.

- Debe realizarse usando un método de la clase con un parámetro (índice) que podría ser de cualquier tipo.
- De esta forma podremos cambiar la sintaxis:

```
x = p.getCoeficiente(i);
```

por esta otra:

```
x = p[i];
```

Operador de indexación

- Una primera aproximación podría ser:

```
float Polinomio::operator[](int i) const{
    assert(i>=0); assert(i<=grado);
    return coeficientes[i];
}
```

- Pero, si queremos cambiar la sintaxis:

```
p.setCoeficiente(i, x);
```

por esta otra:

```
p[i] = x;
```

necesitamos modificarlo:

```
float& Polinomio::operator[](int i){
    assert(i>=0); assert(i<=grado);
    return coeficientes[i];
}
```

Operador de indexación

- Para poder usar este operador con un Polinomio constante, como por ejemplo en el siguiente código:

```
void funcion(const Polinomio& p){
    ...
    x = p[i];
    ...
}
```

debemos definir también la siguiente versión constante del método:

```
float Polinomio::operator[](int i) const{
    assert(i>=0); assert(i<=grado);
    return coeficientes[i];
}
```

- Podemos implementar la versión constante del método de manera que no sea necesaria la copia del resultado al punto de llamada:

```
const float& Polinomio::operator[](int i) const{
    assert(i>=0); assert(i<=grado);
    return coeficientes[i];
}
```

Operador de indexación

- La versión final de la implementación de este operador quedaría como:

```
float& Polinomio::operator[](int i) {
    assert(i>=0); assert(i<=grado);
    return coeficientes[i];
}

const float& Polinomio::operator[](int i) const{
    assert(i>=0); assert(i<=grado);
    return coeficientes[i];
}

int main(){
    Polinomio p1;
    float x;
    ...
    const Polinomio p2=p1;
    x=p2[j]; // Usa const float& Polinomio::operator[](int i) const
    p1[i]=x; // Usa float& Polinomio::operator[](int i)
}
```

Contenido del tema

- 1 Introducción a la sobrecarga de operadores
- 2 Mecanismos de sobrecarga de operadores
 - Sobrecarga como función externa: Ejemplo operator+
 - Sobrecarga como función miembro: Ejemplo operator+
 - Sobrecarga de operadores como función miembro o externa
- 3 El operador de asignación
- 4 La clase mínima
- 5 Operadores << y >>
 - Sobrecarga del operador <<
 - Sobrecarga del operador >>
 - Sobrecarga del operador << con una función amiga
- 6 Operador de indexación
- 7 Operadores de asignación compuestos
- 8 Operadores relacionales
- 9 Operadores de incremento y decremento
- 10 Operador de llamada a función

Operadores de asignación compuestos

Operadores de asignación compuestos

Son los operadores +=, -=, *=, /=, %=, ^=, &=, |=, >>=, <<=

- Tener implementado el operador + y el operador = no supone la existencia automática del operador +=, y así con el resto: debemos implementarlo de **forma explícita**.
- Estos operadores deben devolver una referencia al objeto usado en la llamada, para así poder hacer por ejemplo:

```
p3 = (p1 += p2);
```

- Implementación como función miembro:

```
Polinomio& Polinomio::operator+=(const Polinomio& pol){
    *this = *this + pol;
    return *this;
}
```

- Es posible también implementarlos como función externa:

```
Polinomio& operator+=(Polinomio& pol1, const Polinomio& pol2){
    pol1 = pol1 + pol2;
    return pol1;
}
```

Contenido del tema

- 1 Introducción a la sobrecarga de operadores
- 2 Mecanismos de sobrecarga de operadores
 - Sobrecarga como función externa: Ejemplo operator+
 - Sobrecarga como función miembro: Ejemplo operator+
 - Sobrecarga de operadores como función miembro o externa
- 3 El operador de asignación
- 4 La clase mínima
- 5 Operadores << y >>
 - Sobrecarga del operador <<
 - Sobrecarga del operador >>
 - Sobrecarga del operador << con una función amiga
- 6 Operador de indexación
- 7 Operadores de asignación compuestos
- 8 Operadores relacionales
- 9 Operadores de incremento y decremento
- 10 Operador de llamada a función

Operadores relacionales

Operadores relacionales

Son los operadores binarios `==`, `!=`, `<`, `>`, `<=` y `>=`, que devuelven un valor booleano.

- Se usan cuando es necesario establecer una **relación de orden** entre los objetos de la clase.
- El definir una parte de los operadores no implica que los demás lo estén de forma automática.

Ejemplo: si definimos el operador `==`, el operador `!=` no estará definido de forma automática.

Contenido del tema

- 1 Introducción a la sobrecarga de operadores
- 2 Mecanismos de sobrecarga de operadores
 - Sobrecarga como función externa: Ejemplo `operator+`
 - Sobrecarga como función miembro: Ejemplo `operator+`
 - Sobrecarga de operadores como función miembro o externa
- 3 El operador de asignación
- 4 La clase mínima
- 5 Operadores `<<` y `>>`
 - Sobrecarga del operador `<<`
 - Sobrecarga del operador `>>`
 - Sobrecarga del operador `<<` con una función amiga
- 6 Operador de indexación
- 7 Operadores de asignación compuestos
- 8 Operadores relacionales
- 9 Operadores de incremento y decremento**
- 10 Operador de llamada a función

Operadores relacionales

Ejemplo: operador `<` en Polinomio

`pol1 < pol2` si `pol1` tiene grado menor que `pol2`, o, si son del mismo grado, su coeficiente máximo es menor que el de `pol2`.

```
bool Polinomio::operator<(const Polinomio& pol) const{
    bool menor = this->getGrado() < pol.getGrado() ? true : false;
    if (!menor){
        bool iguales = this->getGrado() == pol.getGrado() ? true : false;
        if (iguales){
            menor = coeficientes[this->getGrado()] <
                    pol.coeficientes[pol.getGrado()] ? true : false;
        }
    }
    return menor;
}
```

Operadores de incremento y decremento (`++` y `--`)

Operadores de incremento y decremento

Son operadores unarios que tienen dos versiones: **pre** y **pos**, tanto para incremento como para decremento.

```
Polinomio& Polinomio::operator++(){
    *this = *this + 1;
    return *this;
}
Polinomio& Polinomio::operator--(){
    *this = *this - 1;
    return *this;
}
int main(){
    Polinomio pol;
    ...
    ++pol;
    ...
    --pol;
}
```

Operadores de incremento y decremento (++ y --)

Operadores de posincremento y posdecremento

Los nombres de las funciones para los operadores *pos* coinciden con los *pre*.

Por ello, el estándar de C++ propone que:

- Cuando el compilador encuentra ++obj, se genera una llamada a obj.operator++().
- Cuando el compilador encuentra obj++, se genera una llamada a obj.operator++(0). En este caso se añade un valor entero a la llamada, que no se usa para nada, pero que sirve para distinguirla de la anterior.

Operadores de incremento y decremento (++ y --)

```
Polinomio Polinomio::operator++(int valor){
    Polinomio aux(*this);
    *this = *this + 1;
    return aux;
}

Polinomio Polinomio::operator--(int valor){
    Polinomio aux(*this);
    *this = *this - 1;
    return aux;
}

int main(){
    Polinomio pol;
    ...
    pol++;
    ...
    pol--;
}
```

¡Cuidado!

La devolución en este caso debe hacerse por valor. ¿Por qué?

Contenido del tema

- 1 Introducción a la sobrecarga de operadores
- 2 Mecanismos de sobrecarga de operadores
 - Sobrecarga como función externa: Ejemplo operator+
 - Sobrecarga como función miembro: Ejemplo operator+
 - Sobrecarga de operadores como función miembro o externa
- 3 El operador de asignación
- 4 La clase mínima
- 5 Operadores << y >>
 - Sobrecarga del operador <<
 - Sobrecarga del operador >>
 - Sobrecarga del operador << con una función amiga
- 6 Operador de indexación
- 7 Operadores de asignación compuestos
- 8 Operadores relacionales
- 9 Operadores de incremento y decremento
- 10 Operador de llamada a función

Operador de llamada a función

Operador de llamada a función

Es la función operator() que obligatoriamente se implementará como función miembro.

Puede implementarse con cualquier número de parámetros (podemos tener varias versiones de este operador).

Operador de llamada a función

Ejemplo:



```
class Matriz {
    double* m_datos;
    int m_filas, m_columnas;
public:
    Matriz(int nf, int nc){
        m_filas=nf;
        m_columnas=nc;
        m_datos = new double[m_filas*m_columnas];
    }
    double& operator() (int fila, int columna){
        assert(fila>=0 && fila<m_filas && columnas >=0 && columna<m_columnas);
        return m_datos[fila*m_columnas + columna];
    }
    const double& operator() (int fila, int columna) const{
        assert(fila>=0 && fila<m_filas && columnas >=0 && columna<m_columnas);
        return m_datos[fila*m_columnas + columna];
    }
}
```

Operador de llamada a función

```
int main(){
    Matriz m(4,3);
    ...
    cout<<m(3,2)<<endl;
    m(3,2) = 7.4;
}
```