Taller de Diseño de Software - Compiladores

Integrantes del grupo: Ezequiel Depetris
Gaston Massimino

A continuación se presentan consideraciones tomadas en cuenta, cambios y decisiones de diseño en cada una de las etapas llevadas a cabo en el desarrollo del compilador:

- **Analizador Sintáctico:** Se respeto la gramática como fue presentada en un principio pero se decidió agregar un no terminal extra al cual llamamos lambda y es utilizado para representar el caso vacío. Otra decisión no de diseño sino que viene dada por leer el mail con las condiciones un poco mas tarde, fue usar la extensión *.plum* para nuestros test. No tienen nada que ver con el diseño sino que solo fue por no leer el mail a tiempo donde ya se presentaba un formato para los mail y no querer cambiar la extensión de 54 archivos.
- **Analizador Semántico:** Para esta etapa como primera medida se corrigieron detalles de la entrega pasada. Se le agregó comentarios a todos los test, donde se explica el propósito del mismo(que es lo que se quiere testear). Algunos test se modificaron en detalles mínimos, ademas de contar con otros nuevos. Se realizó una refactorización del código entregado en la etapa anterior. El método main ya no forma parte del archivo *Parser.cup*. Se cambió la implementación de la declaración de atributos, se dejo de lado el modelo *type* seguido de una lista de *id's* para pasar a tener una lista de elementos de la forma *type id*. Se usaron varias implementaciones del patrón Visitor, entre las cuales mencionamos las siguientes:
  - ASTVisitor: interfaz que implementan todos los visitor's
  - PrintAST: Realiza una pasada por el árbol imprimiendo su estructura
  - DeclarationChecker: Recorre el árbol decorando todas las expresiones con sus correspondientes tipos
  - TypeChecker: Realiza el checkeo de tipos de métodos, variables, parámetros y expresiones
  - MainChecker: Revisa que el programa cuente con una clase *main*, la cual contiene un método *main*, y checkea que no halla clases repetidas
  - CicleChecker: Recorre el árbol en búsqueda de expresiones *break* y *continue* para revisar que solo se encuentren dentro de un ciclo
  - ReturnChecker: Recorre el árbol buscando sentencias *return* para verificar que estén dentro del cuerpo de un método

Por ultimo, se decidió implementar una clase *Error* con todos los métodos utilizados para lanzar o identificar los errores del programa por linea de comandos. Hasta el momento solo se informa de manera muy sencilla si hay algún error de tipos o errores semánticos en las estructuras, dando una ubicación de linea y columna del error encontrado.

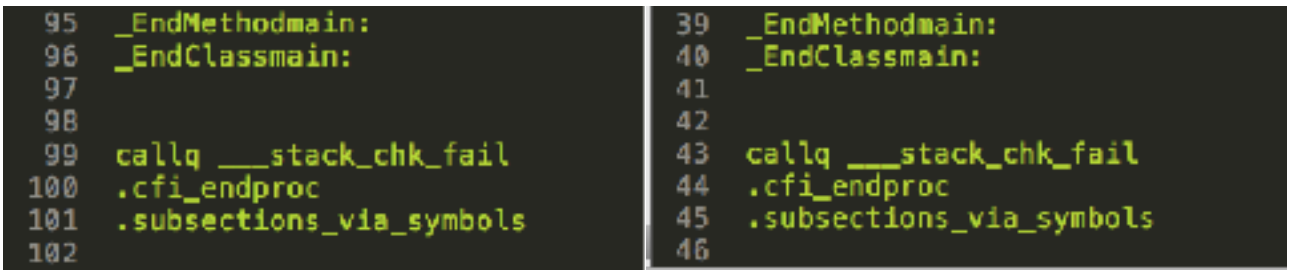
- **Generador de código intermedio:** Al comenzar esta entrega se incorporaron los test provistos por los profesores, lo que hizo salir a luz algunos errores que tenían que ver con la etapa pasada. Entonces como primera tarea, se revisaron las entregas anteriores para eliminar todo tipo de error. Luego de esto se prosiguió a tomar un código fuente de nuestro lenguaje *plum* y se lo transformo a un *pseudo assembler* que se asemeja a un código assembler de tres direcciones, por medio de un nuevo visitor implementado en esta etapa(*IntermediateCode*). Como el resultado final va a ser un código assembler de tres direcciones, se decidió escribir este *pseudo assembler* "lo mas parecido" a lo que seria el código assembler final. Es decir, optamos por la convención de generar sentencias que se construyen de izquierda hacia derecha, por lo que se encontraran valores null en los operados de mas a la derecha y jamas al medio.
  Otra consideración o convención que se siguió es de no crear variables temporales para almacenar resultados que en assembler ya quedarían almacenados en los flag, por ejemplo **cmp var1 var2 null**, donde el resultado de la comparación queda seteado en un flag y no haría falta crear un temporal y tener algo así **cmp var1 var2 t0**. Por ultimo, se consideró que trabajar desde el lenguaje *Java* es mas fácil que *Assembler*, por esto es que se trato de crear la mayor cantidad de sentencias de pseudo assembler en esta etapa con el fin de hacer una traducción casi textual en la próxima etapa, y esto también explica un poco las decisiones tomadas y convenciones respetadas.
- **Generador de código objeto para enteros:** Dada la lista de sentencias generadas en la etapa anterior, se implementó una clase llamada *AsmGenerator*, la cual toma dicha lista y para cada sentencia le genera una instrucción en código assembler correspondiente.Dicho código assembler se guarda en un archivo con nombre ***program.s.*** Una vez que se contó con un programa assembler, se tuvo que volver a tocar el código de la etapa anterior ya que saltaron a la luz muchos errores en cuanto a la forma de escribir el assembler, saltos, valores y cosas propias del lenguaje. Con el código de la etapa anterior funcionando, para poder ejecutar los programas asm, se le dio un *offset* a las variables temporales (t0), pero esto no lo hicimos en *AsmGenerator*, sino que regresamos al *DeclarationChacker* y algunos otros se setearon en *IntermediateCode*. Hasta ese momento se generaba código para programas que solo tengan una clase *Main* y un método *main*. Cuando esto funciono correctamente,

se implementó lo faltante para esta etapa, tener variables y métodos en el método main, pertenecientes a otras clases. Generar código para objetos presento una dificultad para acceder a atributos de tipo arreglos de un objeto, por lo que no se implementó porque era un caso similar a tener objetos con atributos que sean objetos, y dicho caso no se tomo para la realización de este compilador ya que no contamos con un heap para crear objetos dinámicamente. Lo que se destaca en esta etapa es la llamada a métodos, ya que se presentaron problemas con los parámetros, se solucionó con un código genérico independientemente del numero de parámetros y de si se cuenta con una llamada de método anidada. La solución fue salvar todos los parámetros, es decir, guardarlos en la pila para no perderlos de los registros. Se sabe que una forma eficiente de hacer esto seria visitar el método y solo salvar los parámetros si adentro contiene otro método anidado que tome parámetros.

- **Optimizador:** Con el compilador funcionando bajo los requerimientos propuestos al inicio de la materia, como ultima medida se optimizaron dos aspectos del mismo. Lo primero fue evitar lo que se llama *propagación de constantes*, es decir, dejar de generar variables temporales con offset para las constantes, tratarlas como una expresión a resolver y utilizar ya el valor final de la misma, si se le quiere llamar asi. Lineas de código de esta manera **num = 2+2+2+2+2** son vistas por el compilador de la siguiente manera **num = 10**, entonces se evita realizar 4 sumas con todo lo que eso implica(definir 5 variables temporales para cada una de las constantes, luego 4 temporales mas para los 4 resultados de la suma y realizar 4 operaciones de suma con sus correspondientes movimientos).

```
1  //testing a program with empty class
2  class main{
3    void printInt(integer a) extern;
4
5    void main(){
6      integer number1;
7
8      number1 = 2*3*4*3+2+45+24*34+1+2*34*4+5*6+3;
9
10     printInt(number1);
11
12     return;
13   }
14 }
```

(codigo utilizado para probar la optimizacion)



```
95  _EndMethodmain:
96  _EndClassmain:
97
98
99  callq ___stack_chk_fail
100 .cfi_endproc
101 .subsections_via_symbols
102
```

```
39  _EndMethodmain:
40  _EndClassmain:
41
42
43  callq ___stack_chk_fail
44  .cfi_endproc
45  .subsections_via_symbols
46
```

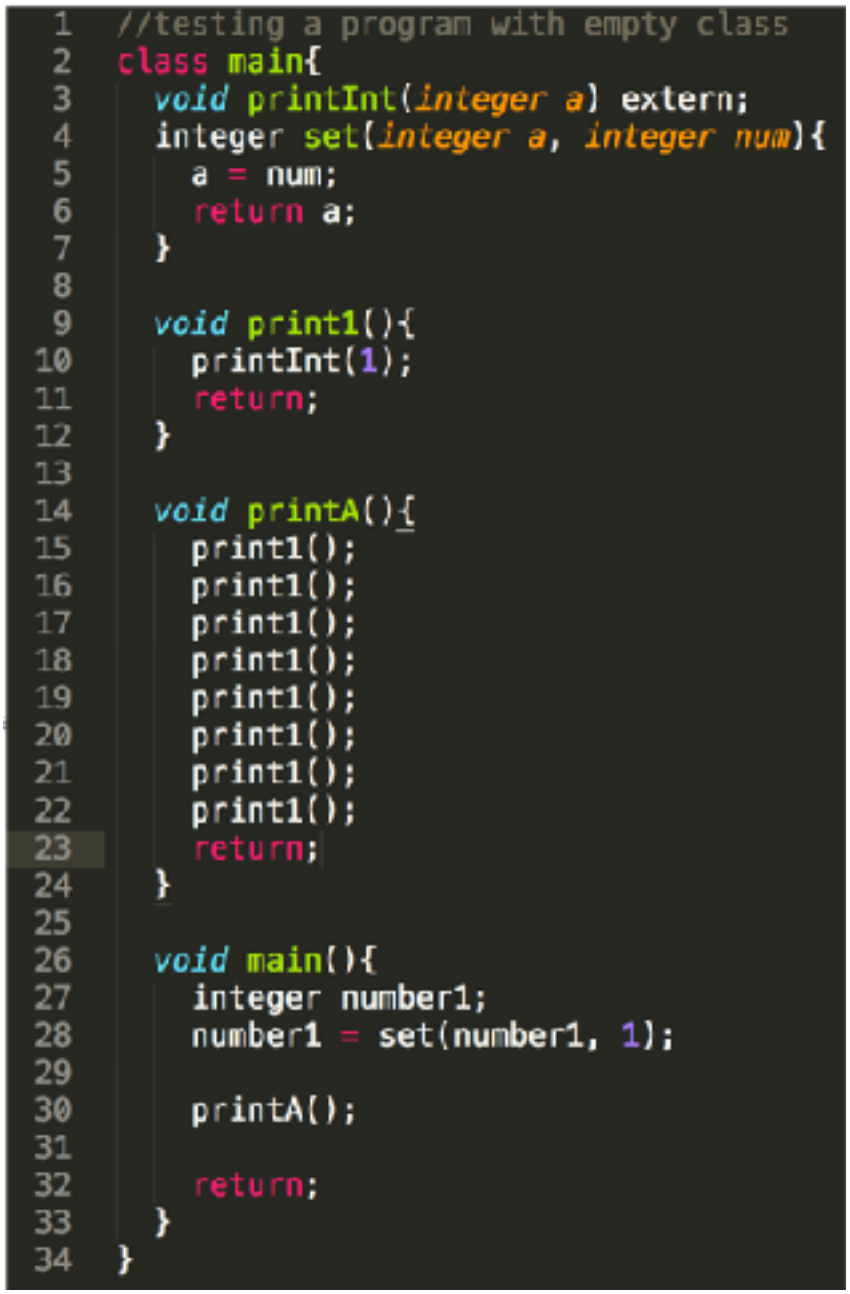
(diferencia de lineas generadas sin optimizador Vs con optimizador)

```
8   _main:
9   _InitMethodmain:
10    PUSHQ %RBP
11    MOVQ %RSP, %RBP
12    SUBQ $2048, %RSP
13
14    MOVL $1241, %EAX
15    MOVL %EAX, -16(%RBP)
16
17    MOVQ %RDI, -24(%RBP)
18    MOVQ %RSI, -32(%RBP)
19    MOVQ %RDX, -40(%RBP)
20    MOVQ %RCX, -48(%RBP)
21    MOVQ %R8, -56(%RBP)
22    MOVQ %R9, -64(%RBP)
23    MOVQ %R10, -72(%RBP)
24
25    MOVQ -16(%RBP), %RDI
26    CALL _printInt
27    MOVQ -72(%RBP), %R10
28    MOVQ -64(%RBP), %R9
29    MOVQ -56(%RBP), %R8
30    MOVQ -48(%RBP), %RCX
31    MOVQ -40(%RBP), %RDX
32    MOVQ -32(%RBP), %RSI
33    MOVQ -24(%RBP), %RDI
34
35
36    LEAVE
37    RET
38
39  _EndMethodmain:
40  _EndClassmain:
41
42
43  callq ___stack_chk_fail
```

```
8   _main:
9   _InitMethodmain:
10    PUSHQ %RBP
11    MOVQ %RSP, %RBP
12    SUBQ $2048, %RSP
13
14    MOVQ $2, %RAX
15    IMULQ $3, %RAX
16    MOVQ %RAX, -24(%RBP)
17
18    MOVQ -24(%RBP), %RAX
19    IMULQ $4, %RAX
20    MOVQ %RAX, -32(%RBP)
21
22    MOVQ -32(%RBP), %RAX
23    IMULQ $3, %RAX
24    MOVQ %RAX, -40(%RBP)
25
26    MOVQ -40(%RBP), %RAX
27    ADDQ $2, %RAX
28    MOVQ %RAX, -56(%RBP)
29
30    MOVQ -56(%RBP), %RAX
31    ADDQ $45, %RAX
32    MOVQ %RAX, -72(%RBP)
33
34    MOVQ $24, %RAX
35    IMULQ $34, %RAX
36    MOVQ %RAX, -80(%RBP)
37
38    MOVQ -72(%RBP), %RAX
39    ADDQ -80(%RBP), %RAX
40    MOVQ %RAX, -96(%RBP)
41
42    MOVQ -96(%RBP), %RAX
43    ADDQ $1, %RAX
```

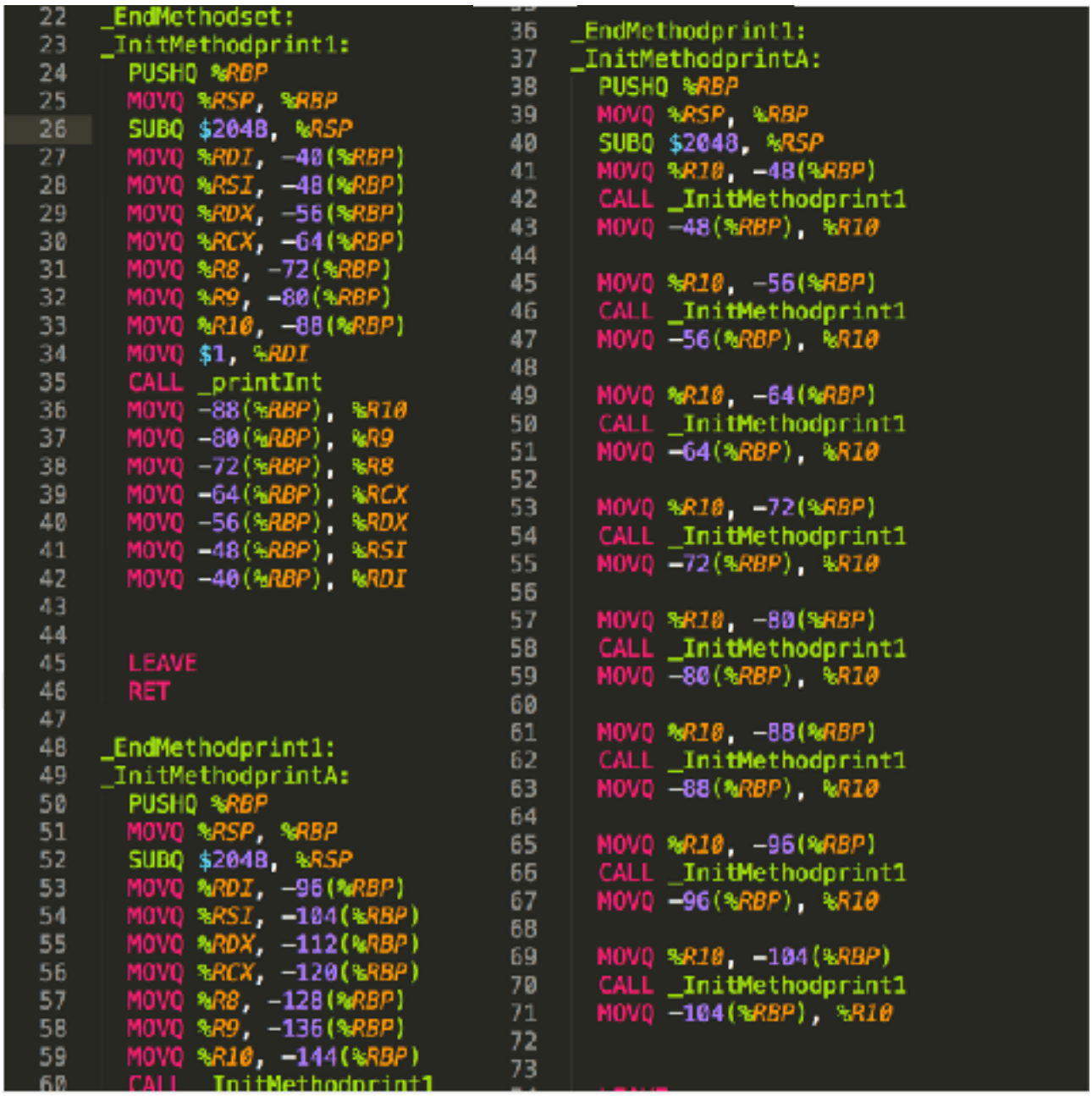
(diferencia del codigo generado con optimizacion Vs sin optimizacion)

La segunda optimización que se le realizo al compilador fue salvar solo los registros necesarios cuando llamamos a una función, es decir, dejar de salvar los 6 registros en todos los casos, incluso cuando la función invocada no toma parámetros. De esta manera, se ahorran 2 lineas de código assembler, junto con un lugar en memoria por cada registro salvado sin necesidad de hacerlo. Es decir, para el ejemplo del metodo invocado que no toma parámetro, nos ahorramos 12 lineas de código y 6 lugares de memoria, multiplicando esto por todas las llamadas a métodos que puede tener un código hace la diferencia.



```
1  //testing a program with empty class
2  class main{
3    void printInt(integer a) extern;
4    integer set(integer a, integer num){
5      a = num;
6      return a;
7    }
8
9    void print1(){
10     printInt(1);
11     return;
12   }
13
14   void printA(){
15     print1();
16     print1();
17     print1();
18     print1();
19     print1();
20     print1();
21     print1();
22     print1();
23     return;
24   }
25
26   void main(){
27     integer number1;
28     number1 = set(number1, 1);
29
30     printA();
31
32     return;
33   }
34 }
```

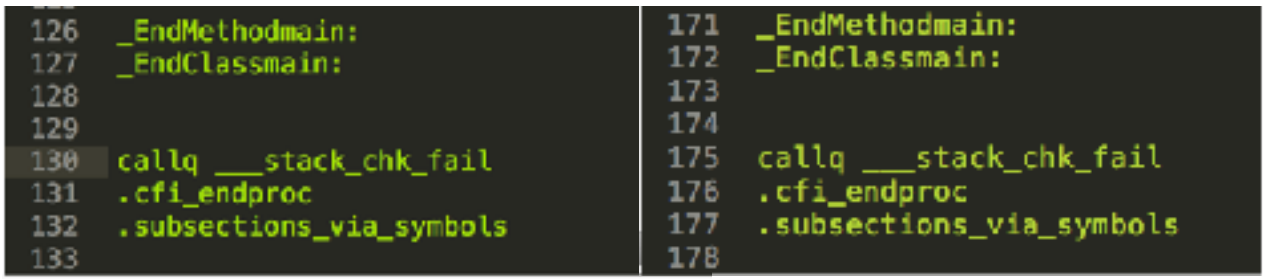
(codigo utilizado para probar la optimizacion)



```
22  _EndMethodset:
23  _InitMethodprint1:
24    PUSHQ %RBP
25    MOVQ %RSP, %RBP
26    SUBQ $2048, %RSP
27    MOVQ %RDI, -40(%RBP)
28    MOVQ %RSI, -48(%RBP)
29    MOVQ %RDX, -56(%RBP)
30    MOVQ %RCX, -64(%RBP)
31    MOVQ %R8, -72(%RBP)
32    MOVQ %R9, -80(%RBP)
33    MOVQ %R10, -88(%RBP)
34    MOVQ $1, %RDI
35    CALL _printInt
36    MOVQ -88(%RBP), %R10
37    MOVQ -80(%RBP), %R9
38    MOVQ -72(%RBP), %R8
39    MOVQ -64(%RBP), %RCX
40    MOVQ -56(%RBP), %RDX
41    MOVQ -48(%RBP), %RSI
42    MOVQ -40(%RBP), %RDI
43
44
45    LEAVE
46    RET
47
48  _EndMethodprint1:
49  _InitMethodprintA:
50    PUSHQ %RBP
51    MOVQ %RSP, %RBP
52    SUBQ $2048, %RSP
53    MOVQ %RDI, -96(%RBP)
54    MOVQ %RSI, -104(%RBP)
55    MOVQ %RDX, -112(%RBP)
56    MOVQ %RCX, -120(%RBP)
57    MOVQ %R8, -128(%RBP)
58    MOVQ %R9, -136(%RBP)
59    MOVQ %R10, -144(%RBP)
60    CALL _InitMethodprint1
```

```
36  _EndMethodprint1:
37  _InitMethodprintA:
38    PUSHQ %RBP
39    MOVQ %RSP, %RBP
40    SUBQ $2048, %RSP
41    MOVQ %R10, -48(%RBP)
42    CALL _InitMethodprint1
43    MOVQ -48(%RBP), %R10
44
45    MOVQ %R10, -56(%RBP)
46    CALL _InitMethodprint1
47    MOVQ -56(%RBP), %R10
48
49    MOVQ %R10, -64(%RBP)
50    CALL _InitMethodprint1
51    MOVQ -64(%RBP), %R10
52
53    MOVQ %R10, -72(%RBP)
54    CALL _InitMethodprint1
55    MOVQ -72(%RBP), %R10
56
57    MOVQ %R10, -80(%RBP)
58    CALL _InitMethodprint1
59    MOVQ -80(%RBP), %R10
60
61    MOVQ %R10, -88(%RBP)
62    CALL _InitMethodprint1
63    MOVQ -88(%RBP), %R10
64
65    MOVQ %R10, -96(%RBP)
66    CALL _InitMethodprint1
67    MOVQ -96(%RBP), %R10
68
69    MOVQ %R10, -104(%RBP)
70    CALL _InitMethodprint1
71    MOVQ -104(%RBP), %R10
72
73
```

(diferencia del codigo generado con optimizacion Vs sin optimizacion)



```
126  _EndMethodmain:
127  _EndClassmain:
128
129
130  callq ___stack_chk_fail
131  .cfi_endproc
132  .subsections_via_symbols
133
```

```
171  _EndMethodmain:
172  _EndClassmain:
173
174
175  callq ___stack_chk_fail
176  .cfi_endproc
177  .subsections_via_symbols
178
```

(Diferencia de lineas generadas con optimizador Vs sin optimizador)