Báo cáo LAB02
IT3323 Mã lớp 161269
Bài 4 : Quản lý phạm vi

Họ và tên: Dương Công Thuyết

MSSV: 20225932

I. Nội dung chính về quản lí phạm vi

1. Khái niệm Scope Management
   - Scope (phạm vi) là vùng trong chương trình mà một định danh (identifier) có hiệu lực và có thể được truy cập.
   - Scope Management là cơ chế quản lý việc khai báo, tìm kiếm và kiểm tra tính hợp lệ của các định danh trong các phạm vi khác nhau của chương trình.

2. Cấu trúc dữ liệu chính

   a) Scope (symtab.h):
   - objList: Danh sách các đối tượng được khai báo trong phạm vi
   - owner: Đối tượng sở hữu phạm vi (program, function, procedure)
   - outer: Con trỏ trỏ tới phạm vi bao ngoài (scope cha)

   b) Symbol Table (SymTab):
   - program: Đối tượng chương trình chính
   - currentScope: Phạm vi hiện tại đang xử lý
   - globalObjectList: Danh sách các hàm/thủ tục built-in toàn cục

3. Các loại đối tượng được quản lý
   - OBJ_CONSTANT: Hằng số
   - OBJ_TYPE: Kiểu dữ liệu
   - OBJ_VARIABLE: Biến
   - OBJ_FUNCTION: Hàm
   - OBJ_PROCEDURE: Thủ tục
   - OBJ_PARAMETER: Tham số
   - OBJ_PROGRAM: Chương trình chính

4. Cơ chế hoạt động

   a) Khai báo (Declaration):
   - Khi gặp khai báo mới, kiểm tra định danh có bị trùng trong phạm vi hiện tại không (checkFreshIdent)
   - Tạo đối tượng tương ứng và thêm vào danh sách của scope hiện tại

- Sử dụng hàm declareObject() để thêm đối tượng vào phạm vi

b) Tra cứu (Lookup):
- Tìm kiếm định danh từ phạm vi hiện tại lên các phạm vi ngoài
- Nếu không tìm thấy trong các phạm vi, tìm trong globalObjectList
- Sử dụng hàm lookupObject() để tìm kiếm theo cơ chế scope chain

c) Vào/Rời khỏi phạm vi:
- enterBlock(): Chuyển currentScope sang phạm vi mới khi vào block
- exitBlock(): Quay lại phạm vi ngoài khi kết thúc block

5. Ví dụ về cấu trúc scope

```
Program Main              <- Scope 1 (Program scope)
  Const c = 10;           <- Khai báo trong Scope 1
  Var x : Integer;        <- Khai báo trong Scope 1

  Function F(...)         <- Scope 2 (Function F scope, outer = Scope 1)
    Var y : Integer;      <- Khai báo trong Scope 2
    Begin
      x := c + y;         <- x, c tra cứu từ Scope 2 lên Scope 1
    End;                  <- exitBlock() quay về Scope 1

  Procedure P(...)        <- Scope 3 (Procedure P scope, outer = Scope 1)
    Const c = 20;         <- Che (shadow) hằng c của Scope 1
    Begin
      x := c;             <- c tìm thấy trong Scope 3, x tìm trong Scope 1
    End;                  <- exitBlock() quay về Scope 1
Begin
End.
```

II. Mô tả một số hàm điển hình trong Semantics.c

Hàm: Object* checkDeclaredLValueIdent(char *name)
Vị trí: semantics.c (dòng 115-140)

1. Mục đích
Kiểm tra xem một định danh có thể được sử dụng làm L-value (vế trái của phép gán) hay không. Đảm bảo chỉ có biến, tham số, hoặc tên hàm (để gán giá trị trả về) mới có thể được gán giá trị.

2. Các loại đối tượng hợp lệ làm L-value
- OBJ_VARIABLE: Biến thông thường

- OBJ_PARAMETER: Tham số của hàm/thủ tục
- OBJ_FUNCTION: Tên hàm (chỉ bên trong thân hàm đó để gán return value)

3. Thuật toán

Input: name - Tên định danh cần kiểm tra
Output: Con trỏ Object nếu hợp lệ, NULL nếu có lỗi

Bước 1: Tra cứu định danh trong các phạm vi
obj = lookupObject(name);
- Sử dụng cơ chế scope chain để tìm kiếm
- Nếu obj == NULL:
  * Báo lỗi ERR_UNDECLARED_IDENT (định danh chưa khai báo)
  * return NULL;

Bước 2: Kiểm tra loại đối tượng
switch (obj->kind) {
  case OBJ_VARIABLE:
  case OBJ_PARAMETER:
    -> return obj (hợp lệ)

  case OBJ_FUNCTION:
    -> Kiểm tra thêm điều kiện đặc biệt (Bước 3)

  default:
    -> Báo lỗi ERR_INVALID_LVALUE
    -> return NULL
}

Bước 3: Kiểm tra đặc biệt cho OBJ_FUNCTION
- Chỉ cho phép gán cho tên hàm nếu đang trong thân hàm đó
- Kiểm tra: symtab->currentScope->owner == obj
- Nếu đúng: return obj (hợp lệ - đang gán return value)
- Nếu sai:
  * Báo lỗi ERR_INVALID_RETURN
  * return NULL

4. Source code thực tế

```
Object *checkDeclaredLValueIdent(char *name)
{
  Object *obj = lookupObject(name);
```

```
  if (obj == NULL)
  {
    error(ERR_UNDECLARED_IDENT, currentToken->lineNo, currentToken->colNo);
    return NULL;
  }

  switch (obj->kind)
  {
  case OBJ_VARIABLE:
  case OBJ_PARAMETER:
    return obj;
  case OBJ_FUNCTION:
    // Check if the function is the owner of the current scope
    if (symtab->currentScope->owner == obj)
      return obj;
    else
    {
      error(ERR_INVALID_RETURN, currentToken->lineNo, currentToken->colNo);
      return NULL;
    }
  default:
    error(ERR_INVALID_LVALUE, currentToken->lineNo, currentToken->colNo);
    return NULL;
  }
}
```

5. Ví dụ minh họa

```
Program Example;
   Var x : Integer;              <- Scope 1 (Program)

   Function Sum(a: Integer) : Integer;  <- Scope 2 (Function Sum)
      Var temp : Integer;         <- Khai báo trong Scope 2
   Begin
      temp := a + 10;             <- temp, a hợp lệ (OBJ_VARIABLE, OBJ_PARAMETER)
      Sum := temp;                <- Sum hợp lệ (owner của Scope 2)
   End;

Begin
   x := Sum(5);                  <- x hợp lệ (OBJ_VARIABLE trong Scope 1)
   Sum := 100;                    <- LỖI! Sum không phải owner của Scope 1
                                -> ERR_INVALID_RETURN
```

End.

Giải thích từng trường hợp:

a) temp := a + 10;
- Tra cứu temp: Tìm thấy trong Scope 2, kind = OBJ_VARIABLE
- Kết quả: PASS (biến hợp lệ làm L-value)

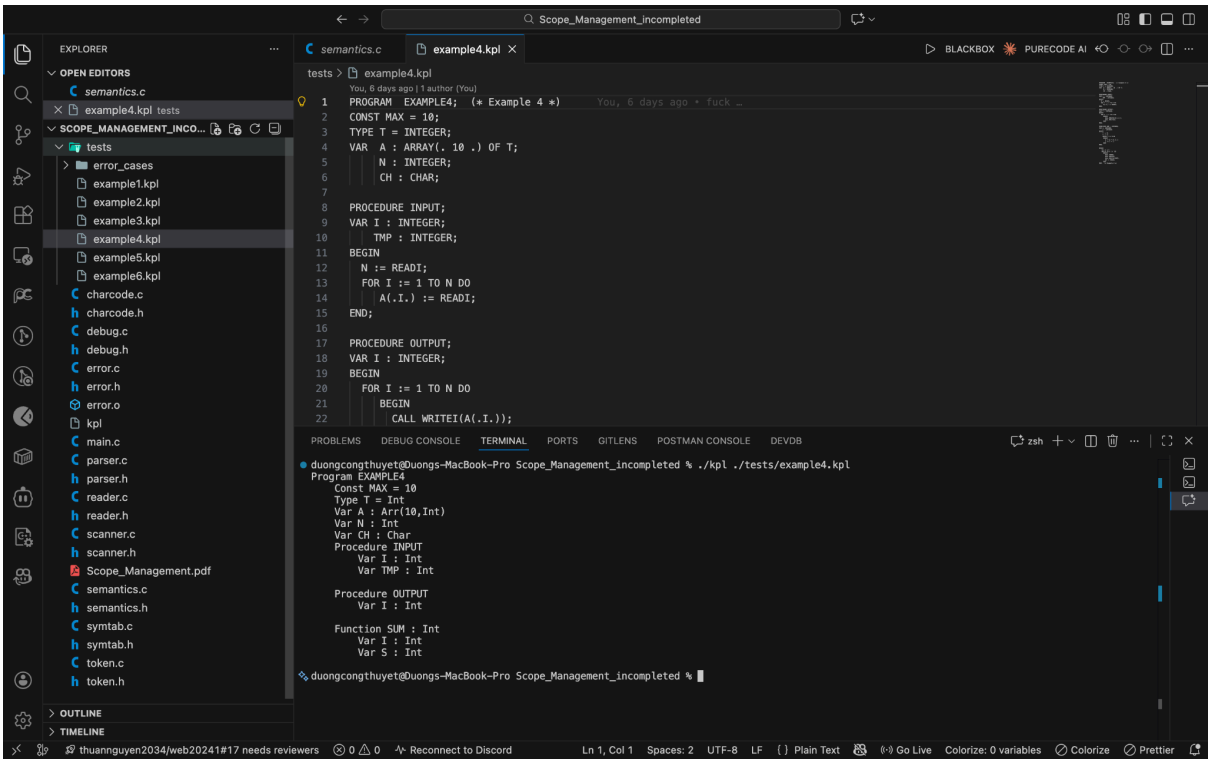
b) Sum := temp;
- Tra cứu Sum: Tìm thấy, kind = OBJ_FUNCTION
- Kiểm tra: symtab->currentScope->owner == Sum? YES (đang trong thân Sum)
- Kết quả: PASS (gán giá trị trả về cho hàm)

c) x := Sum(5);
- Tra cứu x: Tìm thấy trong Scope 1, kind = OBJ_VARIABLE
- Kết quả: PASS (biến hợp lệ)

d) Sum := 100;
- Tra cứu Sum: Tìm thấy, kind = OBJ_FUNCTION
- Kiểm tra: symtab->currentScope->owner == Sum? NO (đang ở Program scope)
- Kết quả: ERR_INVALID_RETURN (không thể gán cho hàm từ bên ngoài)

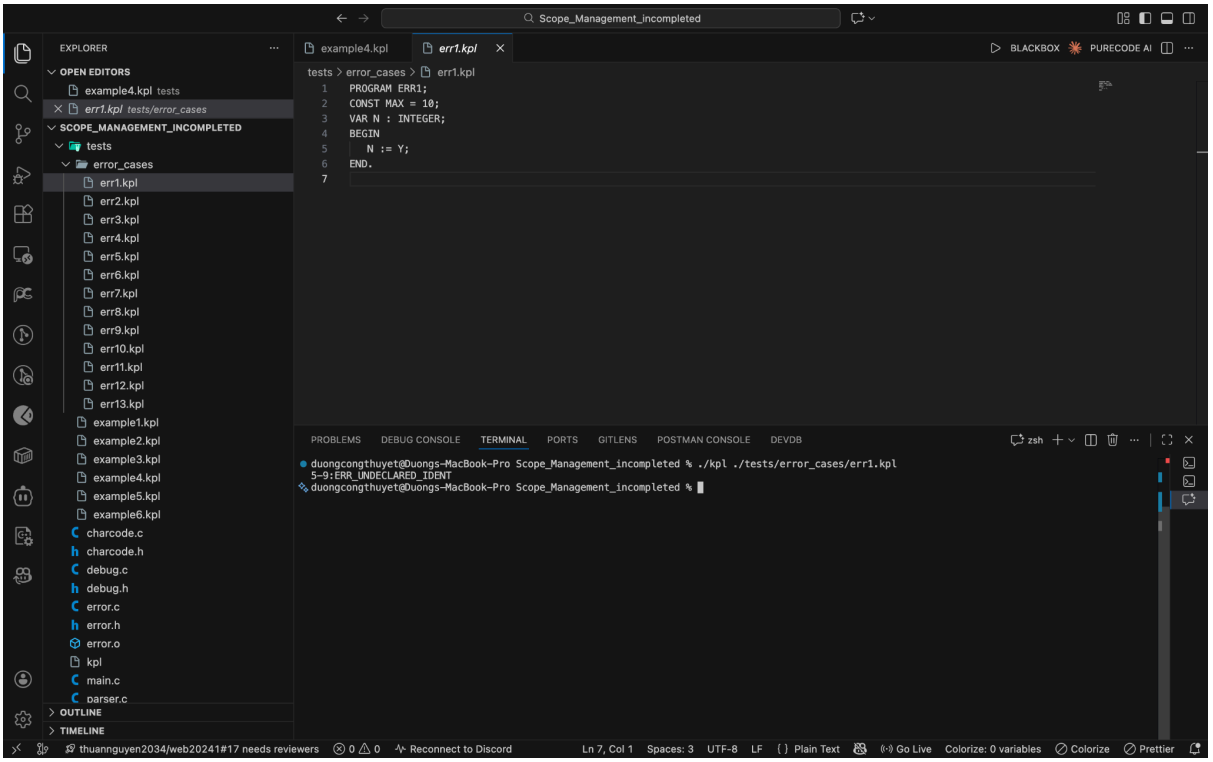
III. Kết quả thực hiện với EXAMPLE

example 4:



IV. Kết quả thực hiện với các ERROR

ERR_UNDECLARED_IDENT



Code:

```
N := Y;
```

Lỗi:

Identifier 'Y' chưa được khai báo trong bất kỳ scope nào.

Nguyên nhân:

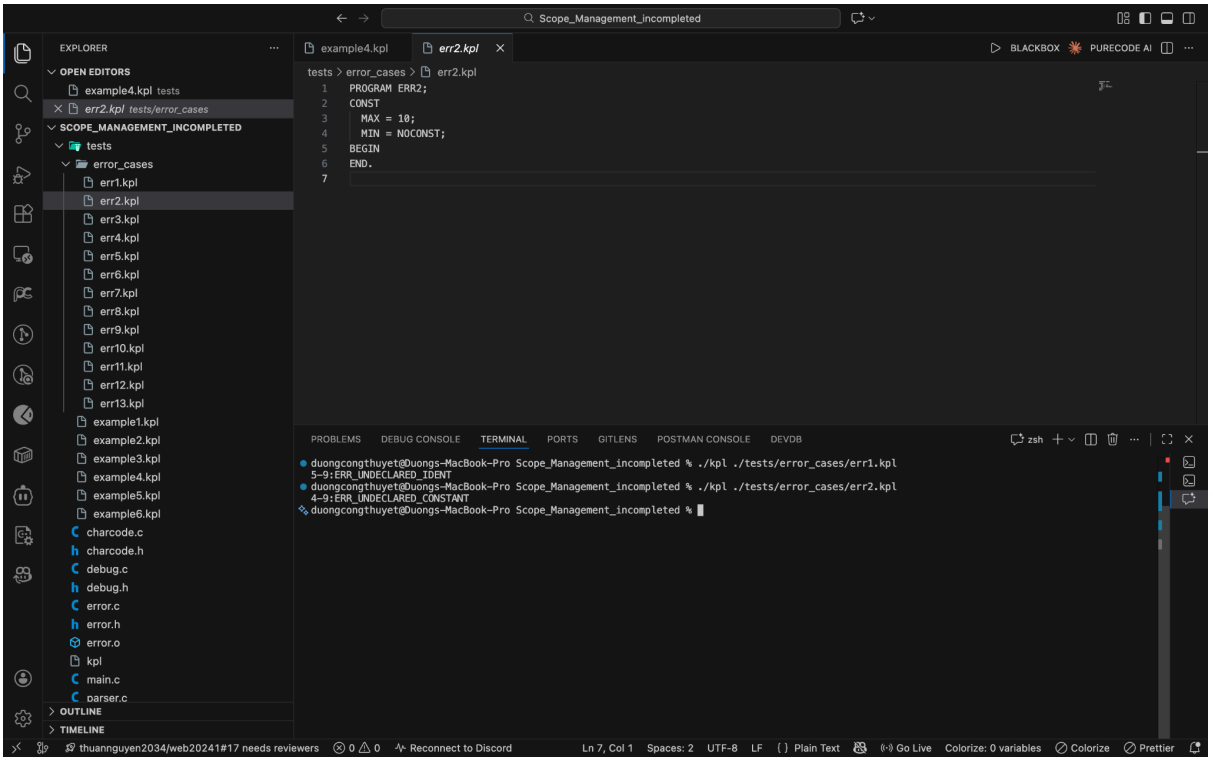
- 'Y' được sử dụng trong expression nhưng không có khai báo
- Compiler không tìm thấy 'Y' trong scope hiện tại và các outer scopes

Hàm xử lý:

1. compileFactor() -> gặp TK_IDENT 'Y'
2. Gọi checkDeclaredIdent("Y") (semantics.c:38)
3. checkDeclaredIdent() gọi lookupObject("Y") -> return NULL
4. Phát hiện obj == NULL -> gọi error(ERR_UNDECLARED_IDENT, ...)

Flow: compileFactor() -> checkDeclaredIdent() -> lookupObject() -> error()

ERR_UNDECLARED_CONSTANT



Code:

```
  CONST
    MAX = 10;
    MIN = NOCONST;
```

Lỗi:

Identifier 'NOCONST' chưa được khai báo làm constant.

Nguyên nhân:

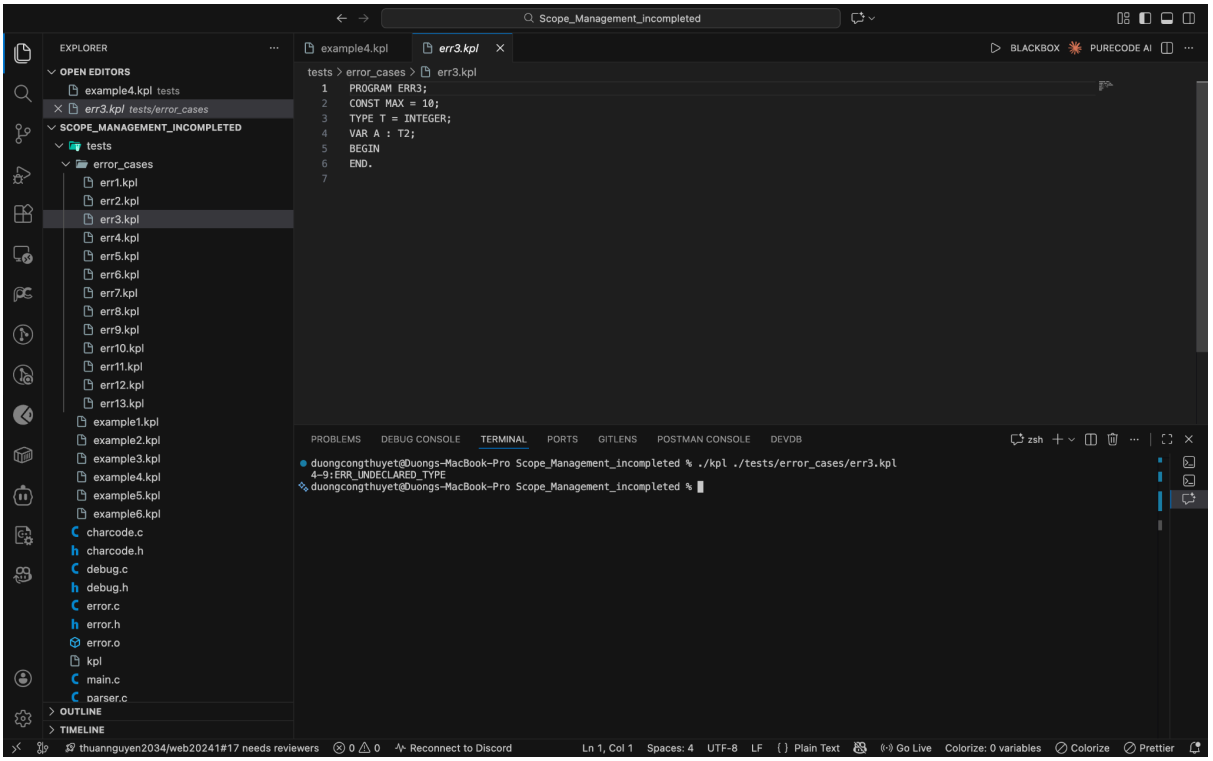
- Trong khai báo constant, giá trị phải là số, ký tự, hoặc constant khác
- 'NOCONST' không tồn tại trong symbol table

Hàm xử lý:

1. compileBlock() -> gặp CONST declaration
2. compileConstant() -> compileUnsignedConstant() -> gặp TK_IDENT
3. Gọi checkDeclaredConstant("NOCONST") (semantics.c:46)
4. checkDeclaredConstant() gọi lookupObject("NOCONST") -> return NULL
5. Phát hiện obj == NULL -> gọi error(ERR_UNDECLARED_CONSTANT, ...)

Flow: compileConstant() -> checkDeclaredConstant() -> lookupObject() -> error()

ERR_UNDECLARED_TYPE



Code:

```
VAR A : T2;
```

Lỗi:

Type 'T2' chưa được khai báo.

Nguyên nhân:

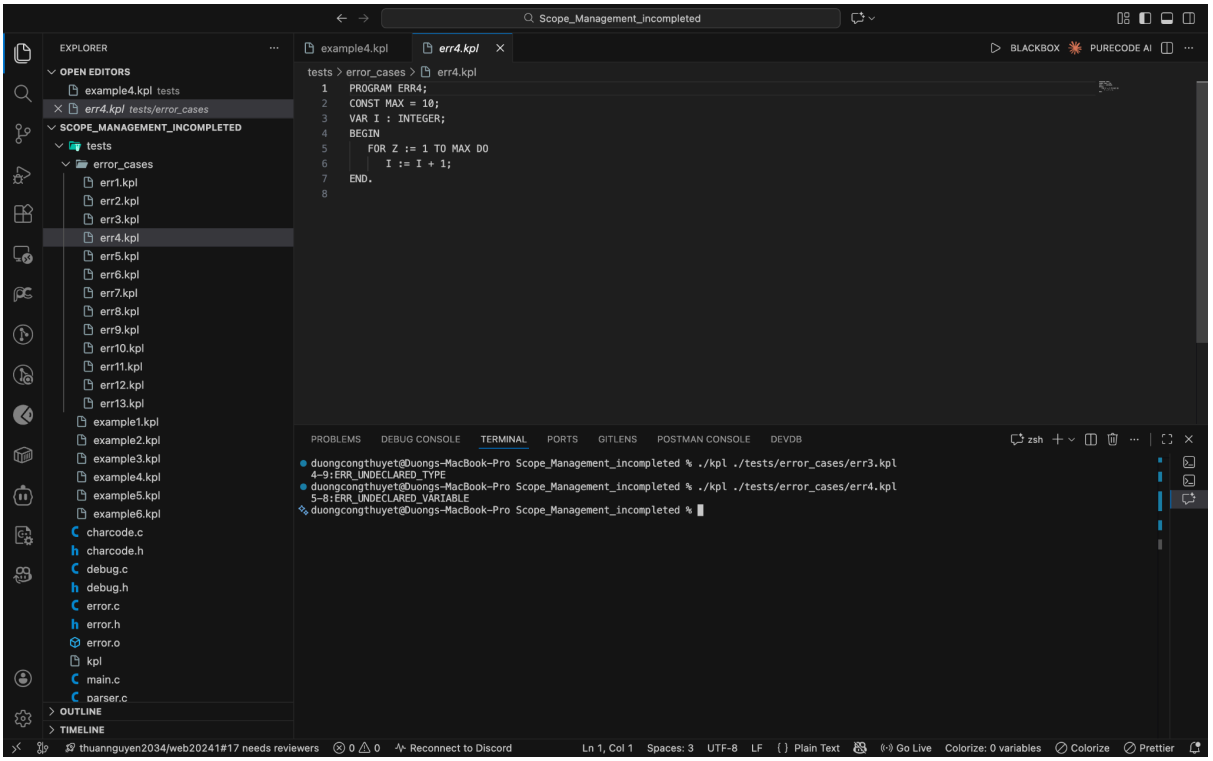
- Trong khai báo biến, type 'T2' không tồn tại
- Chỉ có type 'T' = INTEGER được khai báo

Hàm xử lý:

1. compileVarDecl() -> compileType() -> gặp TK_IDENT 'T2'
2. Gọi checkDeclaredType("T2") (semantics.c:62)
3. checkDeclaredType() gọi lookupObject("T2") -> return NULL
4. Phát hiện obj == NULL -> gọi error(ERR_UNDECLARED_TYPE, ...)

Flow: compileType() -> checkDeclaredType() -> lookupObject() -> error()

ERR_UNDECLARED_VARIABLE



Code:

FOR Z := 1 TO MAX DO

Lỗi:

Variable 'Z' chưa được khai báo.

Nguyên nhân:

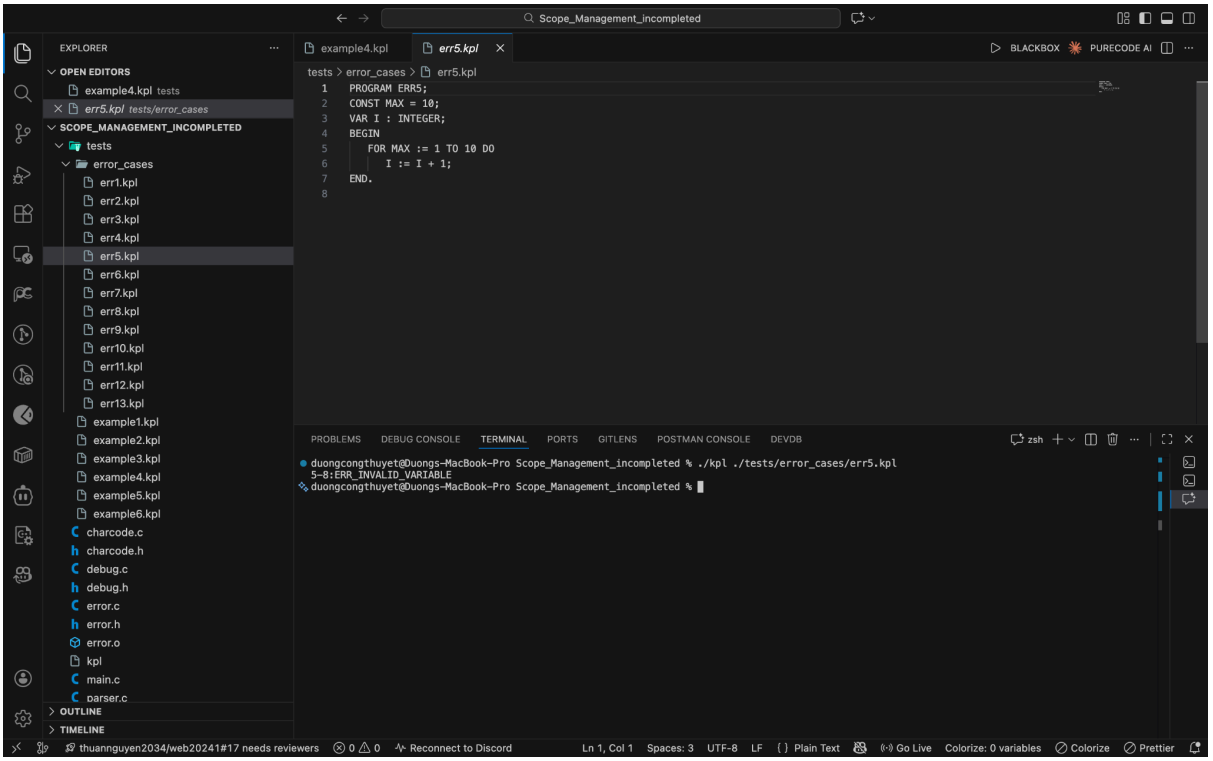
- FOR loop yêu cầu control variable phải được khai báo trước
- 'Z' không có trong khai báo VAR

Hàm xử lý:

1. compileForSt() -> gặp TK_IDENT 'Z'
2. Gọi checkDeclaredVariable("Z") (semantics.c:77)
3. checkDeclaredVariable() gọi lookupObject("Z") -> return NULL
4. Phát hiện obj == NULL -> gọi error(ERR_UNDECLARED_VARIABLE, ...)

Flow: compileForSt() -> checkDeclaredVariable() -> lookupObject() -> error()

ERR_INVALID_VARIABLE



Code:

FOR MAX := 1 TO 10 DO

Lỗi:

'MAX' là constant, không phải variable.

Nguyên nhân:

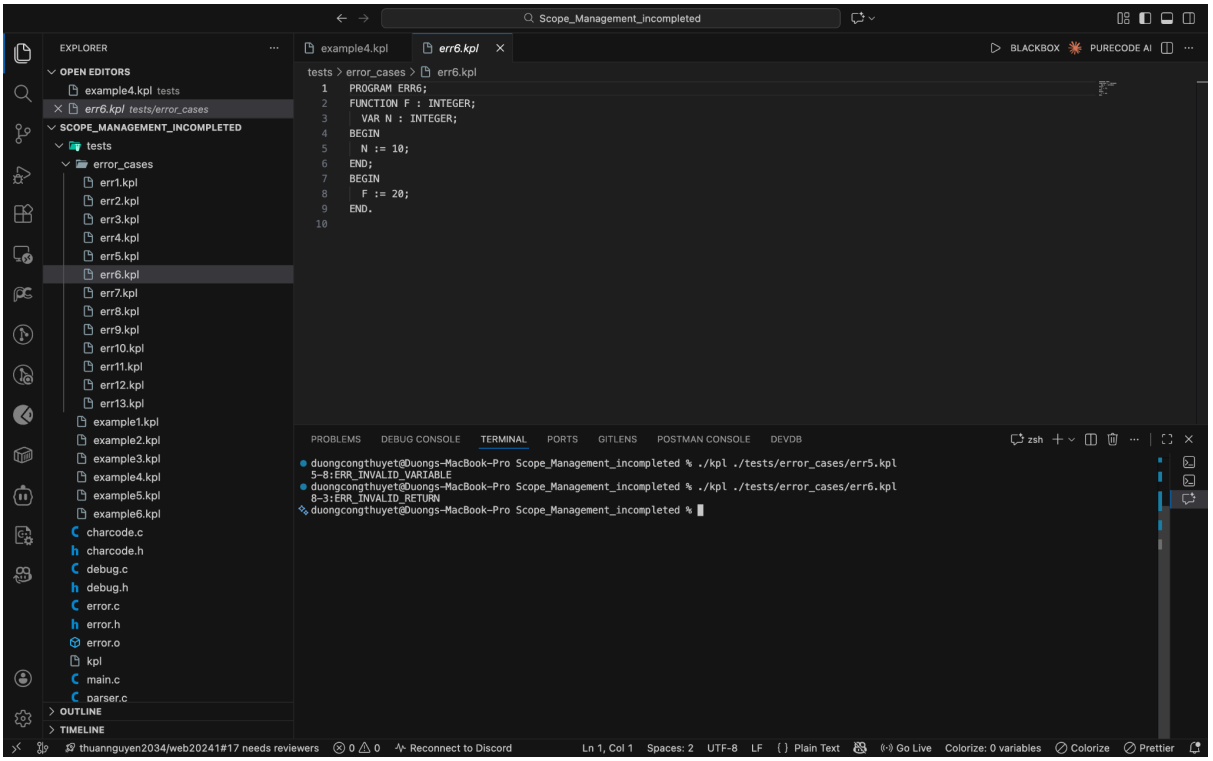
- FOR loop yêu cầu control variable là biến có thể gán
- 'MAX' được khai báo là CONST, không thể thay đổi giá trị

Hàm xử lý:

1. compileForSt() -> gặp TK_IDENT 'MAX'
2. Gọi checkDeclaredVariable("MAX") (semantics.c:77)
3. checkDeclaredVariable() gọi lookupObject("MAX") -> tìm thấy obj
4. Kiểm tra obj->kind != OBJ_VARIABLE -> gọi error(ERR_INVALID_VARIABLE, ...)

Flow: compileForSt() -> checkDeclaredVariable() -> error()

ERR_INVALID_RETURN



Code:

```
FUNCTION F : INTEGER;
BEGIN
  N := 10;
END;
BEGIN
  F := 20;    <- Lỗi ở đây
END.
```

Lỗi:

Gán giá trị cho function 'F' từ bên ngoài thân hàm.

Nguyên nhân:

- Chỉ được phép gán cho tên hàm bên trong thân hàm đó (để set return value)
- Ở đây đang gán 'F := 20' từ program scope, không phải từ function F scope

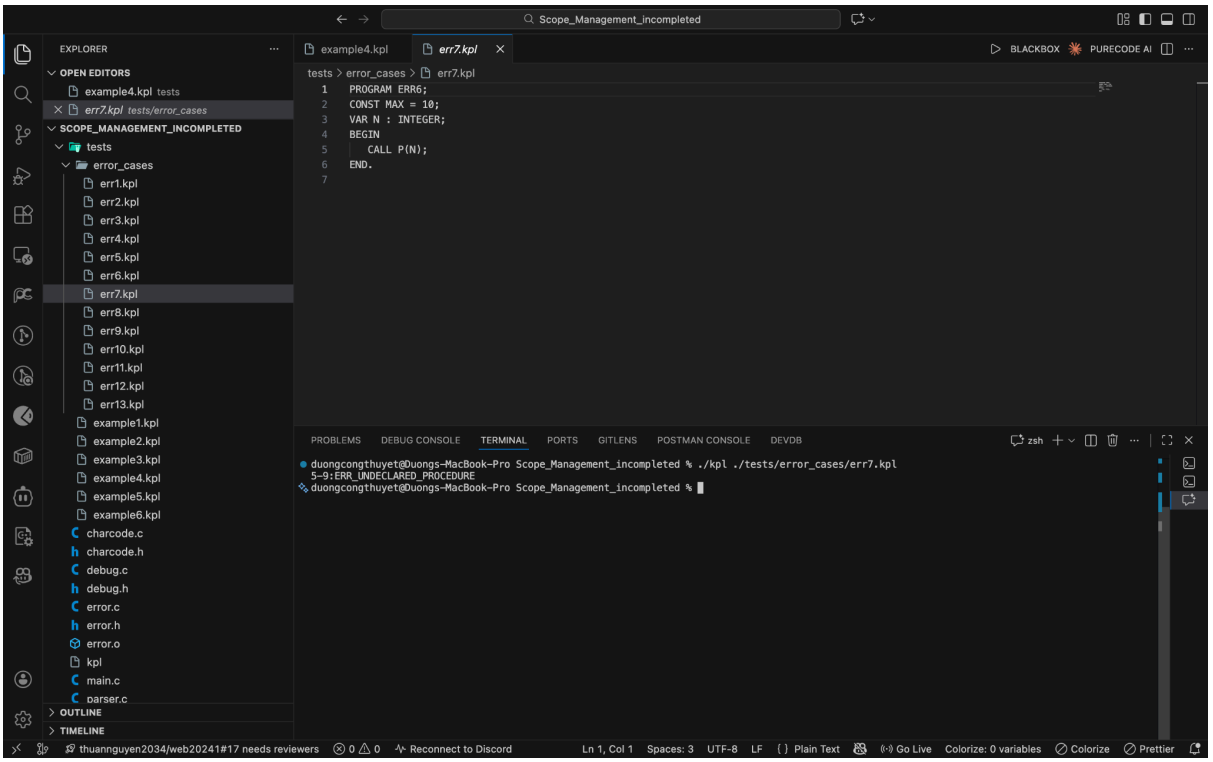
Hàm xử lý:

1. compileLValue() -> gặp TK_IDENT 'F'
2. Gọi checkDeclaredLValueIdent("F") (semantics.c:115)
3. checkDeclaredLValueIdent() gọi lookupObject("F") -> tìm thấy obj (OBJ_FUNCTION)
4. Kiểm tra: obj->kind == OBJ_FUNCTION
5. Kiểm tra thêm: symtab->currentScope->owner == obj? -> FALSE
   (currentScope->owner là PROGRAM, không phải F)

6. Gọi error(ERR_INVALID_RETURN, ...)

Flow: compileLValue() -> checkDeclaredLValueIdent() -> error()

ERR_UNDECLARED_PROCEDURE



Code:

CALL P(N);

Lỗi:

Procedure 'P' chưa được khai báo.

Nguyên nhân:

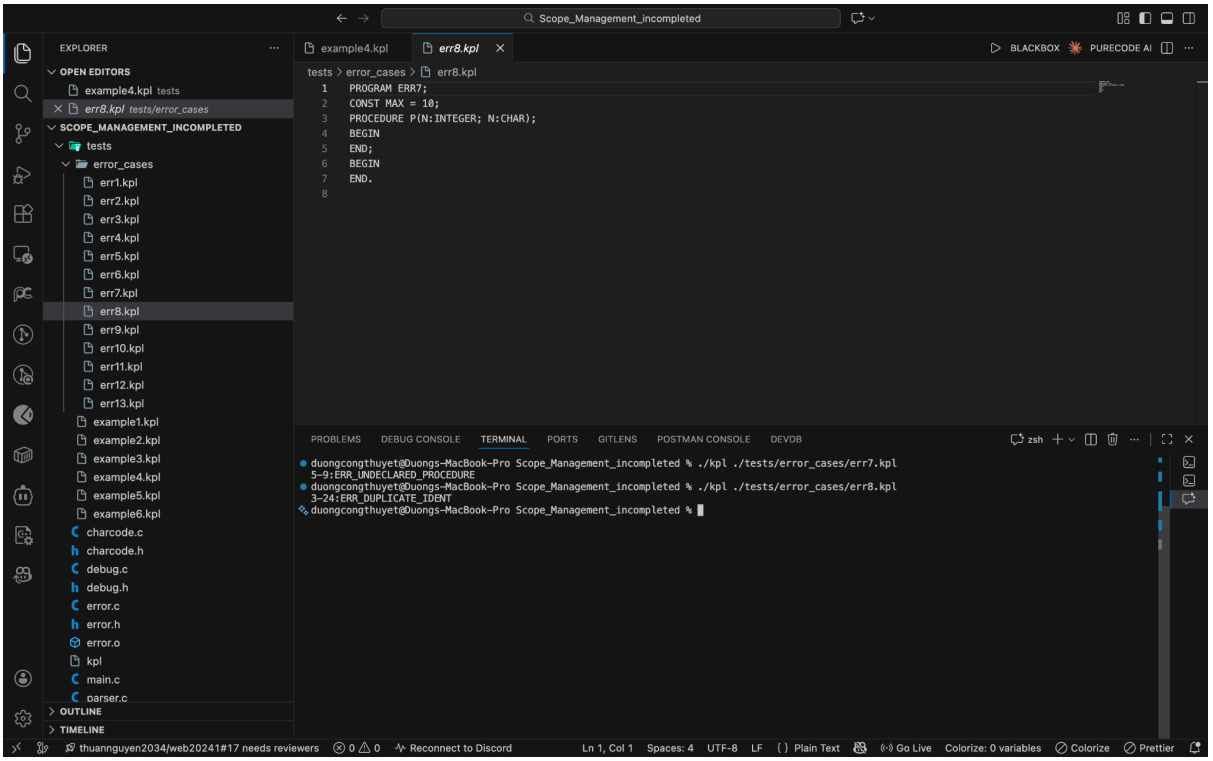
- Lệnh CALL yêu cầu procedure phải được khai báo trước
- 'P' không tồn tại trong symbol table

Hàm xử lý:

1. compileCallSt() -> gặp KW_CALL và TK_IDENT 'P'
2. Gọi checkDeclaredProcedure("P") (semantics.c:99)
3. checkDeclaredProcedure() gọi lookupObject("P") -> return NULL
4. Phát hiện obj == NULL -> gọi error(ERR_UNDECLARED_PROCEDURE, ...)

Flow: compileCallSt() -> checkDeclaredProcedure() -> lookupObject() -> error()

ERR_DUPLICATE_IDENT



Code:

PROCEDURE P(N:INTEGER; N:CHAR);

Lỗi:

Parameter 'N' được khai báo 2 lần.

Nguyên nhân:

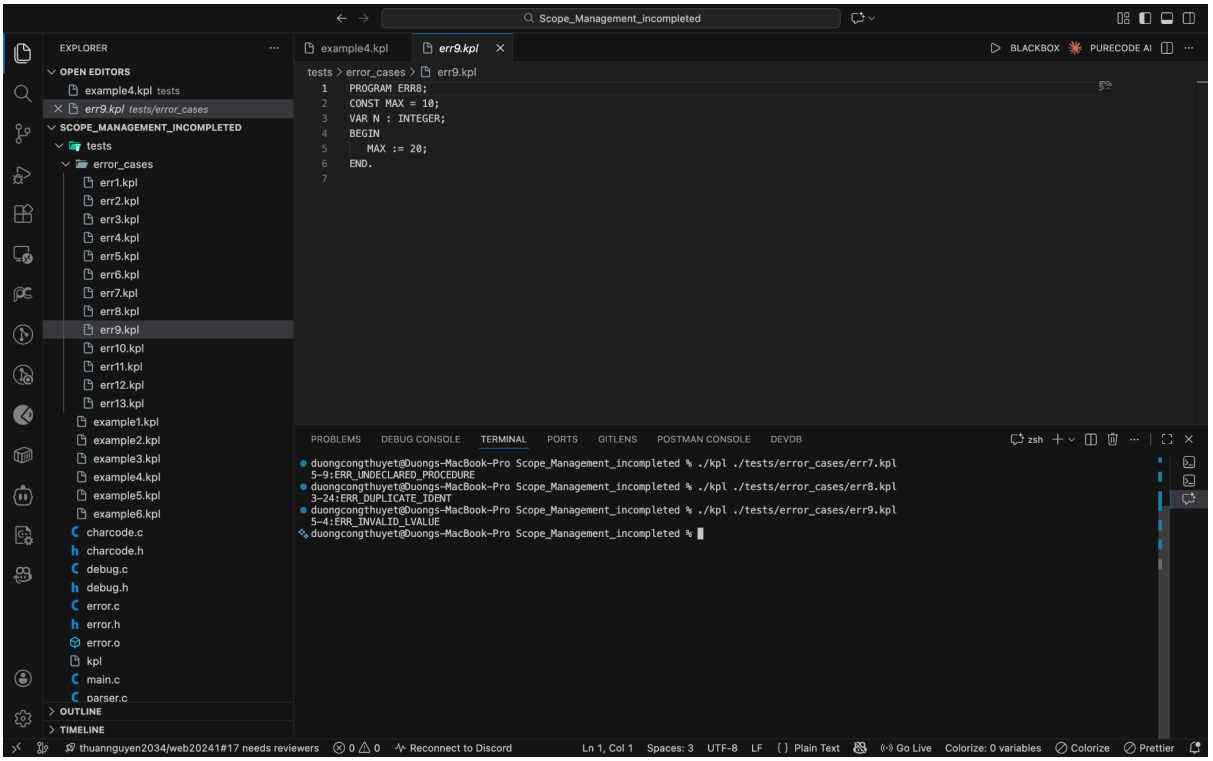
- Trong cùng một scope (parameter list của procedure P)
- Identifier 'N' xuất hiện 2 lần với type khác nhau

Hàm xử lý:

1. compileParam() -> gặp TK_IDENT 'N' lần đầu
2. Gọi checkFreshIdent("N") (semantics.c:33) -> PASS (chưa có)
3. Khai báo parameter N:INTEGER thành công
4. Gặp TK_IDENT 'N' lần 2
5. Gọi checkFreshIdent("N") -> tìm thấy 'N' trong scope hiện tại
6. Gọi error(ERR_DUPLICATE_IDENT, ...)

Flow: compileParam() -> checkFreshIdent() -> findObject() -> error()

ERR_INVALID_LVALUE



Code:

```
MAX := 20;
```

Lỗi:

'MAX' là constant, không thể làm L-value (vế trái phép gán).

Nguyên nhân:

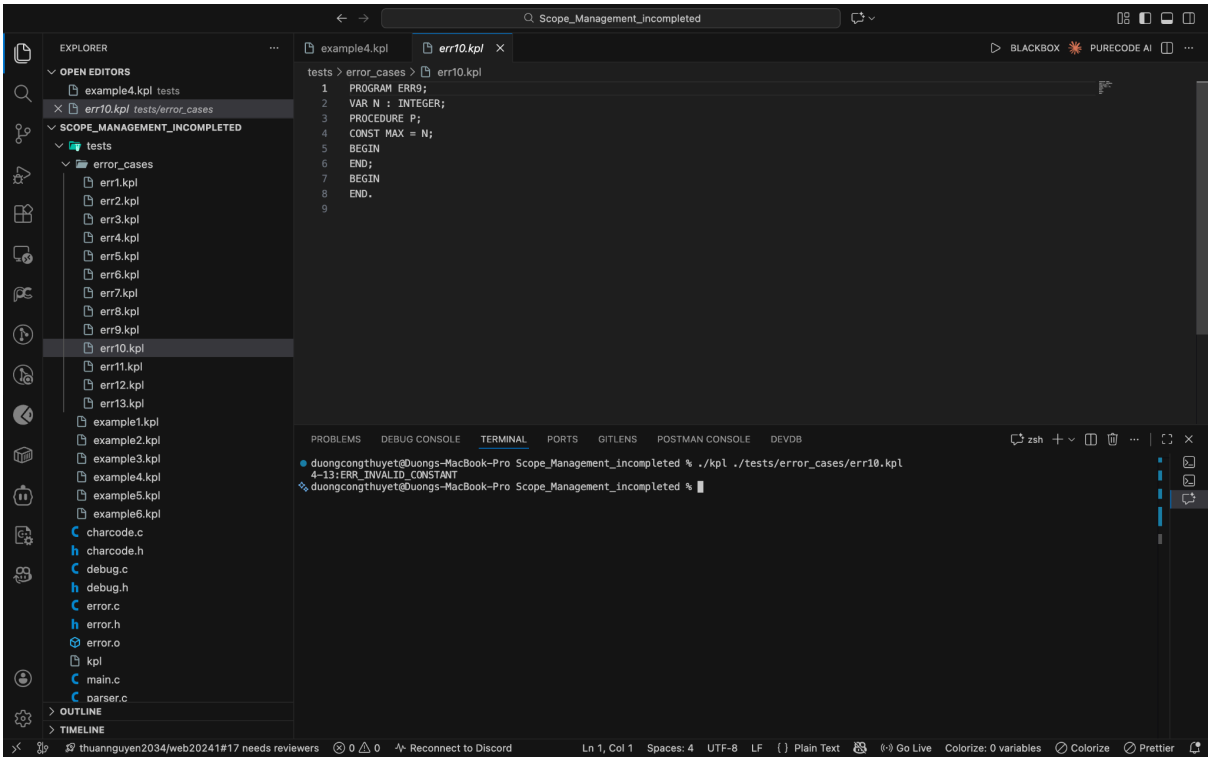
- Assignment yêu cầu L-value phải là: variable, parameter, hoặc function name
- 'MAX' là OBJ_CONSTANT, không nằm trong các loại hợp lệ

Hàm xử lý:

1. compileLValue() -> gặp TK_IDENT 'MAX'
2. Gọi checkDeclaredLValueIdent("MAX") (semantics.c:115)
3. checkDeclaredLValueIdent() gọi lookupObject("MAX") -> tìm thấy obj
4. Kiểm tra switch(obj->kind):
   - case OBJ_VARIABLE: không match
   - case OBJ_PARAMETER: không match
   - case OBJ_FUNCTION: không match
   - default: match
5. Gọi error(ERR_INVALID_LVALUE, ...)

Flow: compileLValue() -> checkDeclaredLValueIdent() -> error()

ERR_INVALID_CONSTANT



Code:

VAR N : MAX;

Lỗi:

'MAX' là constant (số), không phải type.

Nguyên nhân:

- Trong khai báo biến, sau dấu ':' phải là type
- 'MAX' được tìm thấy nhưng là OBJ_CONSTANT, không phải OBJ_TYPE

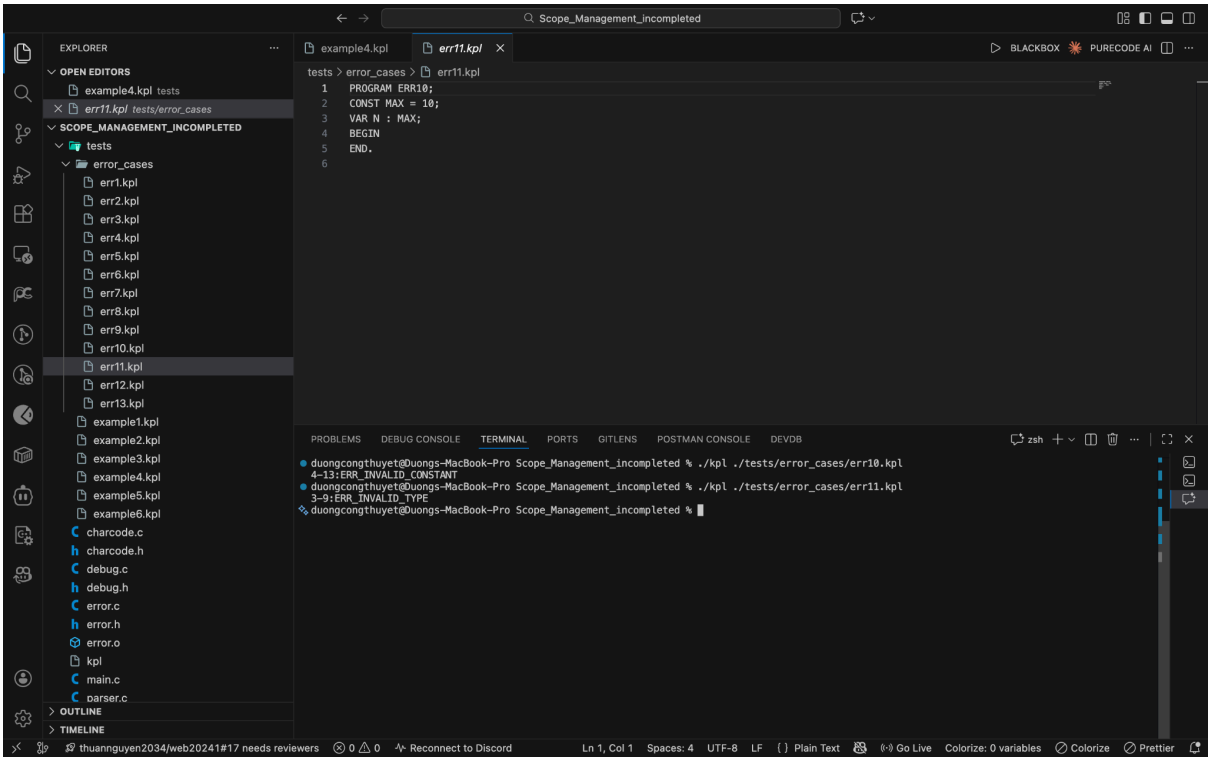
Hàm xử lý:

1. compileVarDecl() -> compileType() -> gặp TK_IDENT 'MAX'
2. Gọi checkDeclaredType("MAX") (semantics.c:62)
3. checkDeclaredType() gọi lookupObject("MAX") -> tìm thấy obj
4. Kiểm tra obj->kind != OBJ_TYPE -> gọi error(ERR_INVALID_TYPE, ...)

Chú ý: Error code là ERR_INVALID_TYPE, nhưng message in ra là "A type expected" (đây là syntax error code được dùng cho semantic check)

Flow: compileType() -> checkDeclaredType() -> error()

ERR_INVALID_TYPE



Code:

N := T + 5;

Lỗi:

'T' là type, không thể dùng trong expression.

Nguyên nhân:

- Expression yêu cầu các operand là value (variable, constant, function call)
- 'T' là OBJ_TYPE, không có giá trị để tính toán

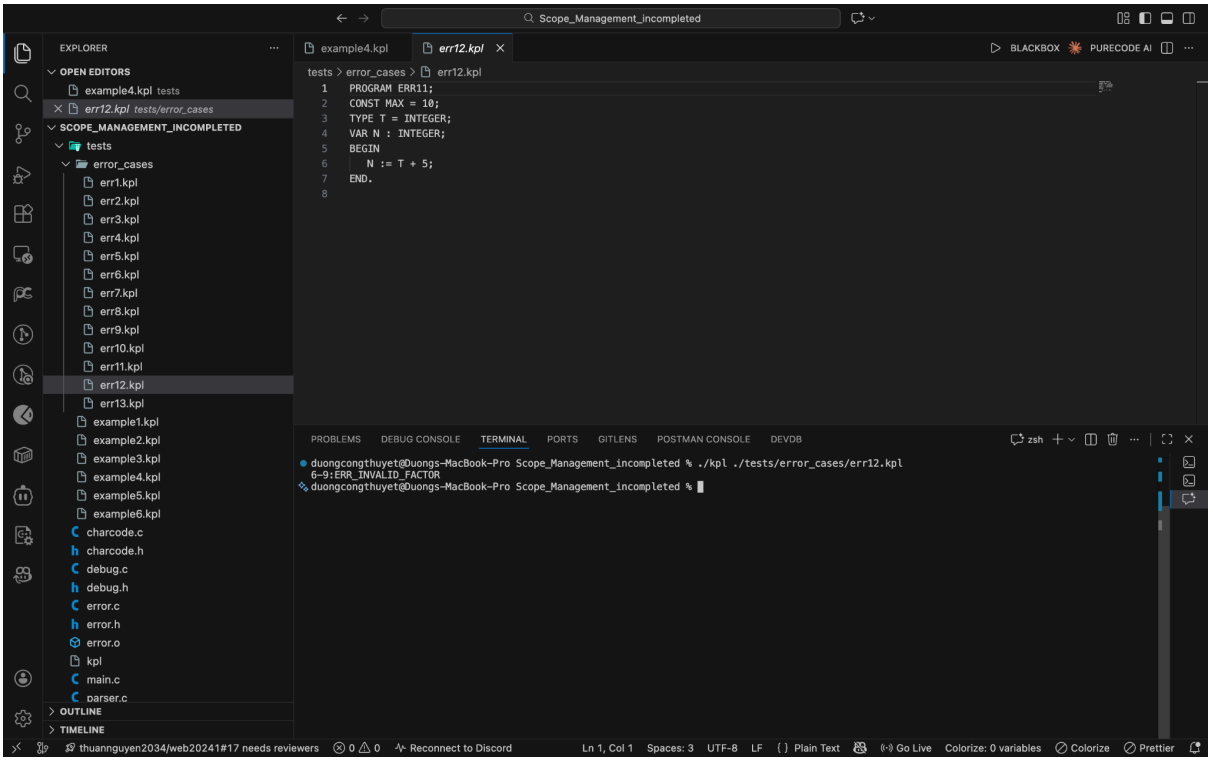
Hàm xử lý:

1. compileFactor() -> gặp TK_IDENT 'T'
2. Gọi checkDeclaredIdent("T") (semantics.c:38) -> tìm thấy obj
3. Kiểm tra switch(obj->kind):
   - case OBJ_CONSTANT: không match
   - case OBJ_VARIABLE: không match
   - case OBJ_PARAMETER: không match
   - case OBJ_FUNCTION: không match
   - default: match (T là OBJ_TYPE)
4. Gọi error(ERR_INVALID_FACTOR, ...)

Chú ý: Message là "Invalid factor" - đây là syntax error được dùng cho semantic

Flow: compileFactor() -> checkDeclaredIdent() -> error()

ERR_INVALID_FACTOR



Code:

```
CALL SUM;
```

Lỗi:

'SUM' là function, không phải procedure.

Nguyên nhân:

- CALL statement chỉ dùng cho procedure
- 'SUM' được khai báo là FUNCTION, không phải PROCEDURE

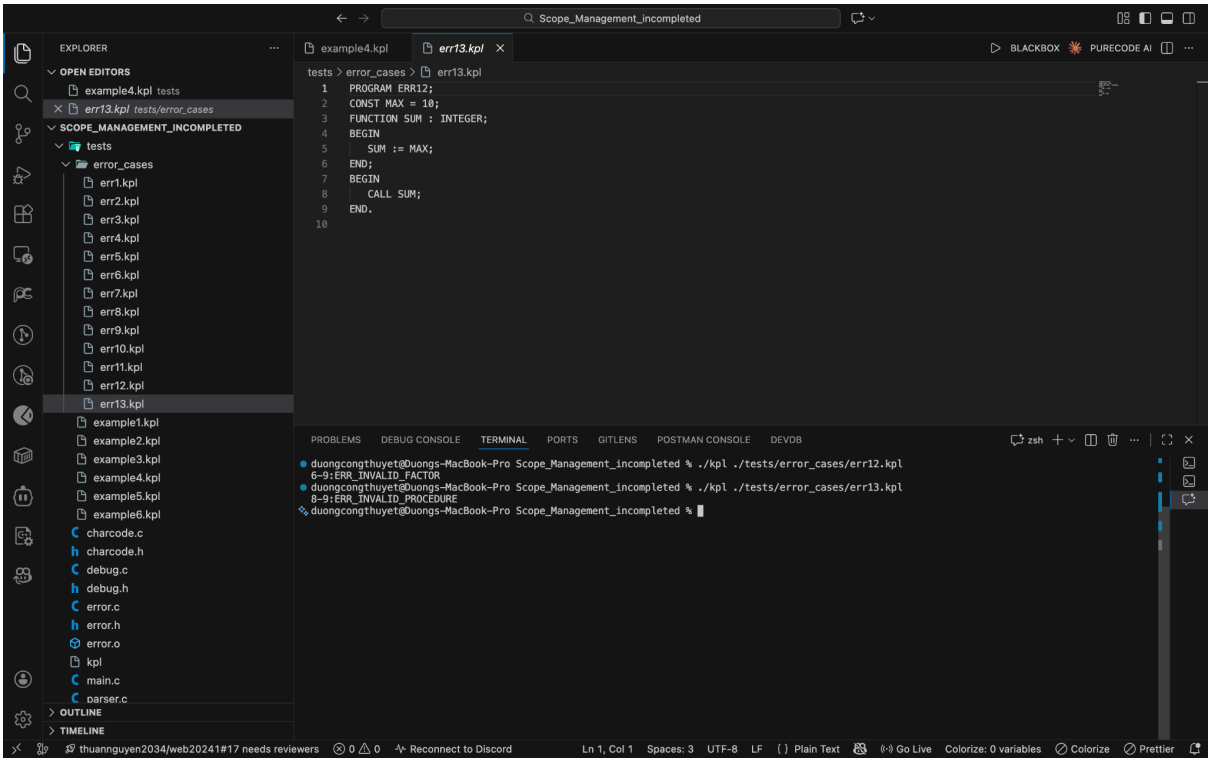
Hàm xử lý:

1. compileCallSt() -> gặp KW_CALL và TK_IDENT 'SUM'
2. Gọi checkDeclaredProcedure("SUM") (semantics.c:99)
3. checkDeclaredProcedure() gọi lookupObject("SUM") -> tìm thấy obj
4. Kiểm tra obj->kind != OBJ_PROCEDURE -> gọi error(ERR_INVALID_PROCEDURE, ...)

Chú ý: Error code là ERR_INVALID_PROCEDURE, message "A procedure identifier expected"

Flow: compileCallSt() -> checkDeclaredProcedure() -> error()

ERR_INVALID_PROCEDURE



Code:

```
CALL SUM;
```

Lỗi:

Identifier không phải procedure.

Hàm xử lý:

Giống err12 - checkDeclaredProcedure() phát hiện obj->kind != OBJ_PROCEDURE