

# *Experiment in Compiler Construction*

## *Phân tích từ vựng*

**Nguyen Ngoc Duong**

**Nguyen Huu Duc**

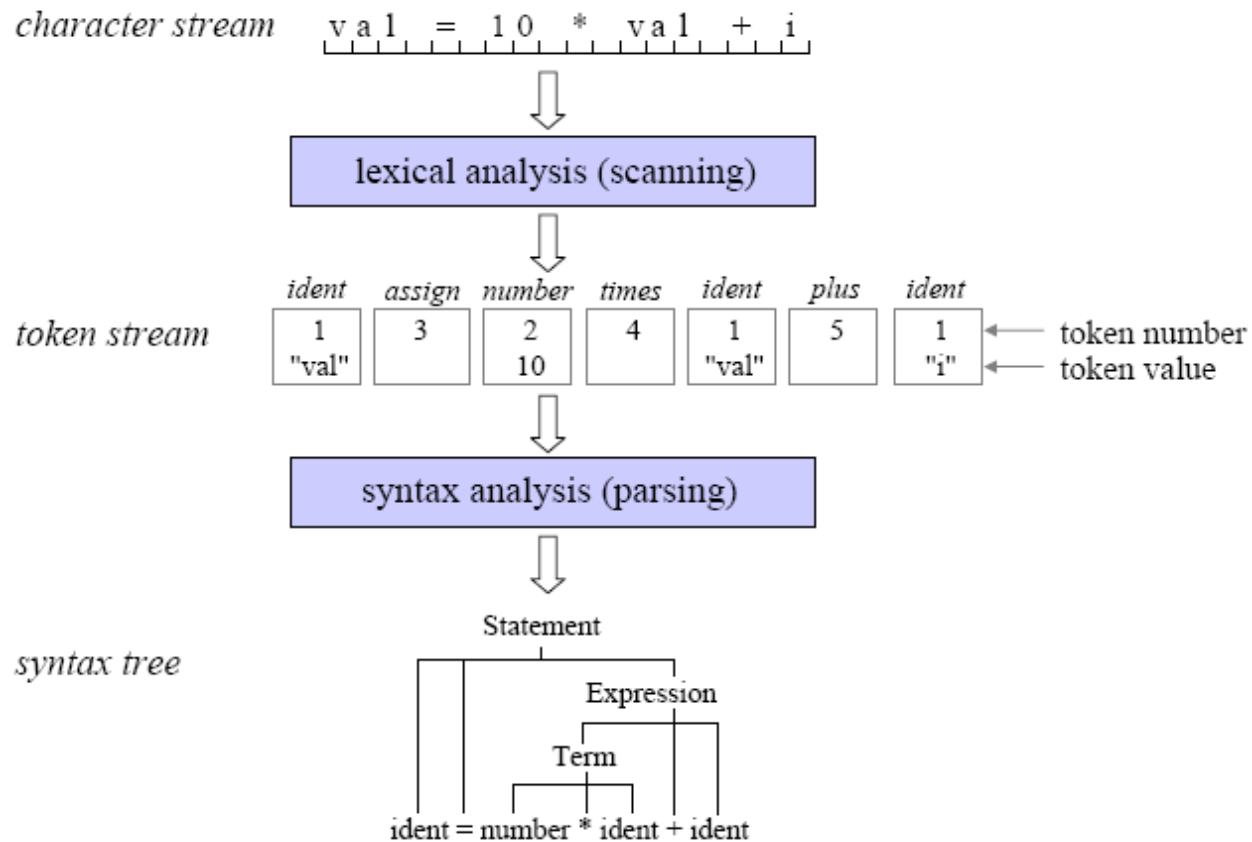
Faculty of information technology  
Hanoi university of technology

# Scanner là gì?

---

- Trong một chương trình dịch, thành phần thực hiện chức năng phân tích từ vựng gọi là scanner.

# Scanner là gì?



# Nhiệm vụ của một scanner

---

- Bỏ qua các ký tự vô nghĩa như: dấu trống, tab, ký tự xuống dòng, chú thích.
- Phát hiện các ký tự không hợp lệ
- Phát hiện token
  - định danh (identifier)
  - từ khóa (keyword)
  - số (number)
  - Hằng ký tự/xâu ký tự
  - special character
  - ...

# Nhiệm vụ của một scanner

---

- Chuyển lần lượt các token cho bộ phân tích cú pháp (parser)

# Bảng chữ cái của KPL

---

- Chữ cái (letter): a-z, A-Z, ‘\_’
- Chữ số (digit): 0-9
- Các ký hiệu đặc biệt
  - +, -, \*, /, >, <, !, =, [space], [comma], ., :, ;, ‘, (, )

# Các token của ngôn ngữ KPL

---

- Từ khóa

PROGRAM, CONST, TYPE, VAR, PROCEDURE, FUNCTION, BEGIN, END, ARRAY, OF, INTEGER, CHAR, CALL, IF, ELSE, WHILE, DO, FOR, TO

- Toán tử

:= (assign), + (addition), - (subtraction), \* (multiplication), / (division), = (comparison of equality), != (comparison of difference), > (comparison of greatness), < (comparison of lessness), >= (comparison of greatness or equality), <= (comparison of lessness or equality)

# KPL's tokens

---

- Ký hiệu đặc biệt  
; (semicolon), . (period), : (colon), , (comma), (  
(left parenthesis), ) (right parenthesis), '  
(singlequote)
- Và  
(. và .) để đánh dấu chỉ mục của mảng  
(\* và \*) để đánh dấu điểm bắt đầu và kết thúc  
của chú thích
- Ngoài ra  
định danh, số, hằng ký tự

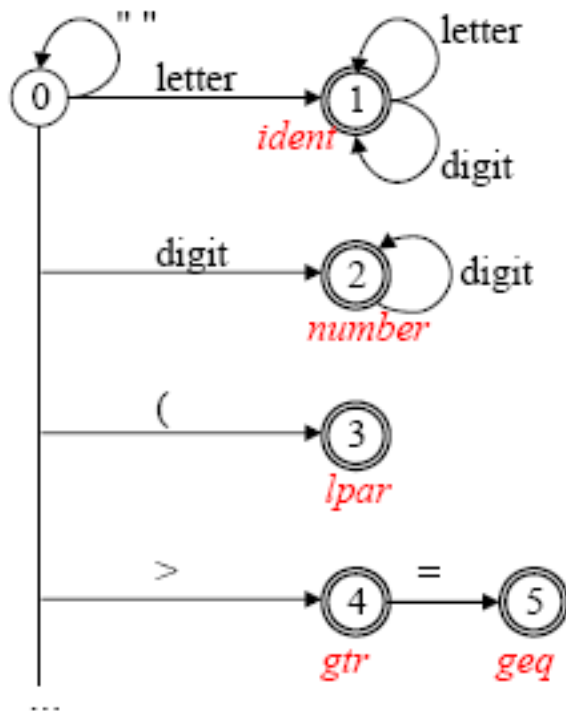


# Nhận dạng các token của KPL

---

- Các token của KPL tạo nên một ngôn ngữ chính quy và có thể mô tả bởi một sơ đồ cú pháp chính quy.
- Chúng có thể nhận dạng bằng một automata hữu hạn xác định
- scanner là một automata hữu hạn xác định

# Nhận dạng các token của KPL



**car >= 30**

S0  $\xrightarrow{c}$  S1  $\xrightarrow{a}$  S1  $\xrightarrow{r}$  S1

Token's type: identifier

Token's value: car

S0  $\xrightarrow{" "}$  S0  $\xrightarrow{>}$  S4  $\xrightarrow{=}$  S5

Token's type: greatness or equality comparison operator

Token's value: >=

S0  $\xrightarrow{" "}$  S0  $\xrightarrow{3}$  S2  $\xrightarrow{0}$  S2

Token's type: number

Token's value: 30

- Mỗi khi hoàn tất nhận dạng một token, automat sẽ chuyển lại về trạng thái 0
- Khi có lỗi xảy ra (gặp ký tự ngoài bảng chữ cái,...), automat sẽ trả về trạng thái -1, .

# Xây dựng scanner – Cấu trúc

---

STT	Tên tệp	Nội dung
1	Makefile	Project
2	scanner.c	Tập chính
3	reader.h, reader.c	Đọc mã nguồn
4	charcode.h, charcode.c	Phân loại ký tự
5	token.h, token.c	Phân loại và nhận dạng token, từ khóa
6	error.h, error.c	Thông báo lỗi

# Xây dựng scanner – reader

---

```
// Đọc một ký tự từ kênh vào
int readChar(void);
// Mở kênh vào
int openInputStream(char *fileName);
// Đóng kênh vào
void closeInputStream(void);

// Chỉ số dòng, cột hiện tại
int lineNo, colNo;
// Ký tự hiện tại
int currentChar;
```

# Xây dựng scanner – charcode

---

```
typedef enum {  
    CHAR_SPACE,           // Khoảng trống  
    CHAR_LETTER,          // Chữ cái  
    CHAR_DIGIT,           // Chữ số  
    CHAR_PLUS,            // '+'  
    CHAR_MINUS,           // '-'  
    CHAR_TIMES,           // '*'  
    CHAR_SLASH,           // '/'  
    CHAR_LT,              // '<'  
    CHAR_GT,              // '>'  
    CHAR_EXCLAMATION,     // '!'  
    CHAR_EQ,              // '='  
    CHAR_COMMA,           // ','  
    CHAR_PERIOD,          // '.'  
    CHAR_COLON,           // ':'  
    CHAR_SEMICOLON,       // ';'   
    CHAR_SINGLEQUOTE,     // '\''  
    CHAR_LPAR,            // '('  
    CHAR_RPAR,            // ')'   
    CHAR_UNKNOWN           // Ký tự ngoài bảng chữ cái  
} CharCode;
```

## Xây dựng scanner – charcode

---

- `charcode.c` định nghĩa một bảng `charCodes` ánh xạ từng ký tự trong bảng mã ASCII vào một trong các `CharCode` được định nghĩa
- Lưu ý: Lệnh đọc ký tự `getc` có thể trả về mã EOF có giá trị nguyên là -1, nằm ngoài bảng mã ASCII

# Xây dựng scanner – token

---

```
typedef enum {
    TK_NONE,          // Đại diện cho một lỗi
    TK_IDENT,         // Định danh
    TK_NUMBER,        // Số
    TK_CHAR,          // Hằng ký tự
    TK_EOF,           // Kết thúc chương trình
    // Các từ khóa
    KW_PROGRAM, KW_CONST, KW_TYPE, KW_VAR,
    KW_INTEGER, KW_CHAR, KW_ARRAY, KW_OF,
    KW_FUNCTION, KW_PROCEDURE,
    KW_BEGIN, KW_END, KW_CALL,
    KW_IF, KW_THEN, KW_ELSE,
    KW_WHILE, KW_DO, KW_FOR, KW_TO,
    // Các ký hiệu đặc biệt
    SB_SEMICOLON, SB_COLON, SB_PERIOD, SB_COMMA,
    SB_ASSIGN, SB_EQ, SB_NEQ, SB_LT, SB_LE, SB_GT, SB_GE,
    SB_PLUS, SB_MINUS, SB_TIMES, SB_SLASH,
    SB_LPAR, SB_RPAR, SB_LSEL, SB_RSEL
} TokenType;
```

# Xây dựng scanner – token

---

```
// Cấu trúc lưu trữ của một token
typedef struct {
    char string[MAX_IDENT_LEN + 1];
    int lineNo, colNo;
    TokenType tokenType;
    int value;
} Token;

// Kiểm tra một chuỗi có là từ khóa không
TokenType checkKeyword(char *string);
// Tạo một token mới với kiểu và vị trí
Token* makeToken(TokenType tokenType, int lineNo, int colNo);
```



# Xây dựng scanner – error

---

```
// Danh sách các lỗi trong quá trình phân tích từ vựng
typedef enum {
    ERR_ENDOFCOMMENT,
    ERR_IDENTTOOLONG,
    ERR_INVALIDCHARCONSTANT,
    ERR_INVALIDSYMBOL
} ErrorCode;

// Các thông báo lỗi
#define ERM_ENDOFCOMMENT "End of comment expected!"
#define ERM_IDENTTOOLONG "Identification too long!"
#define ERM_INVALIDCHARCONSTANT "Invalid const char!"
#define ERM_INVALIDSYMBOL "Invalid symbol!"

// Hàm thông báo lỗi
void error(ErrorCode err, int lineNo, int colNo);
```

# Xây dựng scanner – scanner

---

```
// Đọc một token tính từ vị trí hiện tại
Token* getToken(void) {
    Token *token;
    int ln, cn;

    if (currentChar == EOF)
        return makeToken(TK_EOF, lineNo, colNo);

    switch (charCodes[currentChar]) {
    case CHAR_SPACE: skipBlank(); return getToken();
    case CHAR_LETTER: return readIdentKeyword();
    case CHAR_DIGIT: return readNumber();
    case CHAR_PLUS:
        token = makeToken(SB_PLUS, lineNo, colNo);
        readChar();
        return token;
    ...
    }
}
```

# Nhiệm vụ

---

- Hoàn thiện các hàm sau trong `scanner.c`
  - `void skipBlank();`
  - `void skipComment();`
  - `Token* readIdentKeyword(void);`
  - `Token* readNumber(void);`
  - `Token* readConstChar(void);`
  - `Token* getToken(void);`