

# ***Experiment in Compiler Construction***

***Sinh mã đích(1)***

**Nguyễn Hữu Đức**

**Bộ môn Hệ thống thông tin**

**Khoa Công nghệ Thông tin**

**Đại học Bách khoa Hà nội**

# Nội dung

---

- Tổng quan về sinh mã đích
- Máy ngăn xếp
  - Tổ chức bộ nhớ
  - Bộ lệnh
- Xây dựng bảng ký hiệu
  - Biến
  - Tham số
  - Hàm, thủ tục và chương trình

# Sinh mã là gì?

---



- Sinh mã là công đoạn biến đổi từ cấu trúc ngữ pháp của chương trình thành chuỗi các lệnh thực thi được của máy đích
- Cấu trúc ngữ pháp được quyết định bởi bộ phân tích cú pháp
- Các lệnh của máy đích được đặc tả bởi kiến trúc thực thi của máy đích

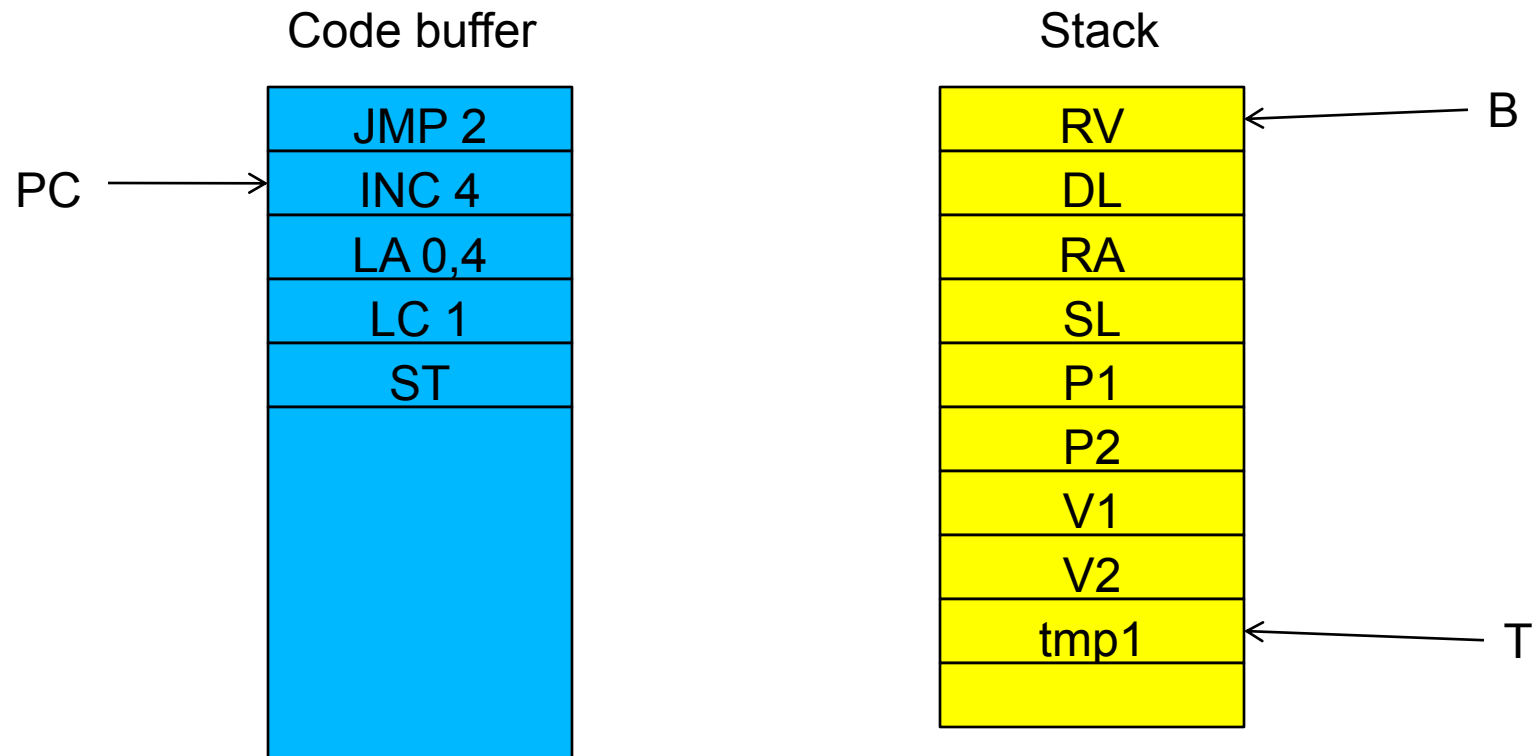
# Máy ngăn xếp

---

- Máy ngăn xếp là một hệ thống tính toán
  - Sử dụng ngăn xếp để lưu trữ các kết quả trung gian của quá trình tính toán
  - Kiến trúc đơn giản
  - Bộ lệnh đơn giản
- Máy ngăn xếp có hai vùng bộ nhớ chính
  - Khối lệnh: chứa mã thực thi của chương trình
  - Ngăn xếp: sử dụng để lưu trữ các kết quả trung gian

# Máy ngăn xếp

---



# Máy ngăn xếp

---

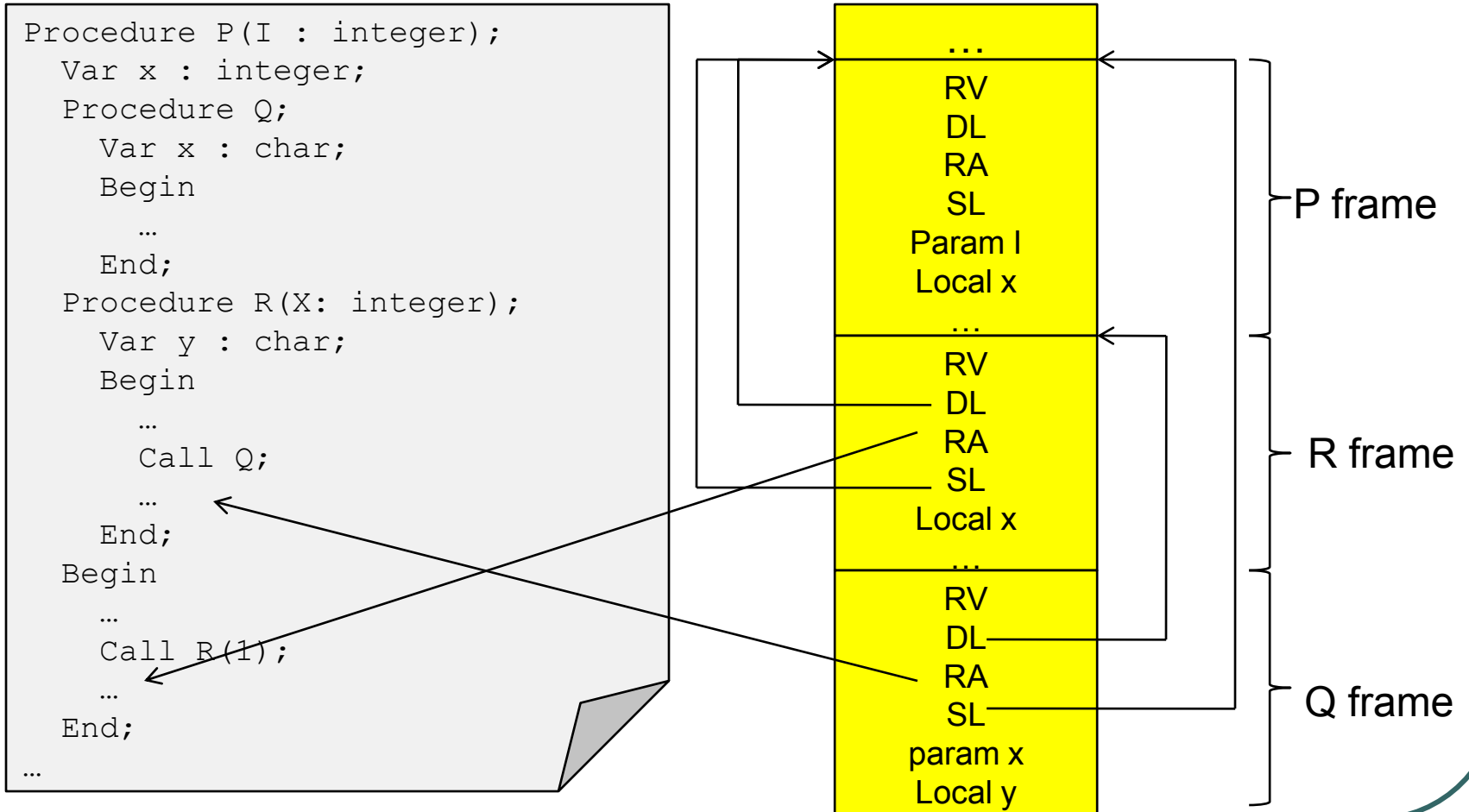
- Thanh ghi
  - PC (program counter): con trỏ lệnh trỏ tới lệnh hiện tại đang thực thi trên bộ đệm chương trình
  - B (base) : con trỏ tới địa chỉ gốc của vùng nhớ cục bộ. Các biến cục bộ được truy xuất gián tiếp qua con trỏ này
  - T (top); trỏ tới đỉnh của ngăn xếp

# Máy ngăn xếp

---

- Bản hoạt động (activation record/stack frame)
  - Không gian nhớ cấp phát cho mỗi chương trình con (hàm/thủ tục/chương trình chính) khi chúng được kích hoạt
    - Lưu giá trị tham số
    - Lưu giá trị biến cục bộ
    - Lưu các thông tin khác
      - Giá trị trả về của hàm - RV
      - Địa chỉ cơ sở của bản hoạt động của chương trình con gọi tới (caller) – DL
      - Địa chỉ lệnh quay về khi kết thúc chương trình con
      - Địa chỉ cơ sở của bản hoạt động của chương trình con bao ngoài - SL
- Một chương trình con có thể có nhiều bản hoạt động

# Máy ngăn xếp





# Máy ngăn xếp

---

- RV: Lưu trữ giá trị trả về cho mỗi hàm
- DL: Sử dụng để hồi phục ngữ cảnh của caller khi callee kết thúc
- RA: Sử dụng để quay lại lệnh tiếp theo của caller khi callee kết thúc
- SL: Sử dụng để truy nhập các biến phi cục bộ

# Máy ngăn xếp

---

- Bộ lệnh

LA	Load Address	$t:=t+1; s[t]:=base(p)+q;$
LV	Load Value	$t:=t+1; s[t]:=s[base(p)+q];$
LC	Load Constant	$t:=t+1; s[t]:=q;$
LI	Load Indirect	$s[t]:=s[s[t]];$
INT	Increment T	$t:=t+q;$
DCT	Decrement T	$t:=t-q;$

# Máy ngăn xếp

---

- Bộ lệnh

J	Jump	$pc := q;$
FJ	False Jump	if $s[t] = 0$ then $pc := q; t := t - 1;$
HL	Halt	Halt
ST	Store	$s[s[t - 1]] := s[t]; t := t - 2;$
CALL	Call	$s[t + 2] := b; s[t + 3] := pc; s[t + 4] := base(p);$ $b := t + 1; pc := q;$
EP	Exit Procedure	$t := b - 1; pc := s[b + 2]; b := s[b + 1];$
EF	Exit Function	$t := b; pc := s[b + 2]; b := s[b + 1];$

# Máy ngăn xếp

---

- Bộ lệnh

RC	Read Character	read one character into $s[s[t]]$ ; $t:=t-1$ ;
RI	Read Integer	read integer to $s[s[t]]$ ; $t:=t-1$ ;
WRC	Write Character	write one character from $s[t]$ ; $t:=t-1$ ;
WRI	Write Integer	write integer from $s[t]$ ; $t:=t-1$ ;
WLN	New Line	CR & LF

# Máy ngăn xếp

---

- Bộ lệnh

AD	Add	$t := t - 1; s[t] := s[t] + s[t+1];$
SB	Subtract	$t := t - 1; s[t] := s[t] - s[t+1];$
ML	Multiply	$t := t - 1; s[t] := s[t] * s[t+1];$
DV	Divide	$t := t - 1; s[t] := s[t] / s[t+1];$
NEG	Negative	$s[t] := -s[t];$
CV	Copy Top of Stack	$s[t+1] := s[t]; t := t + 1;$

# Máy ngăn xếp

- Bộ lệnh

EQ	Equal	$t := t - 1;$ if $s[t] = s[t+1]$ then $s[t] := 1$ else $s[t] := 0;$
NE	Not Equal	$t := t - 1;$ if $s[t] \neq s[t+1]$ then $s[t] := 1$ else $s[t] := 0;$
GT	Greater Than	$t := t - 1;$ if $s[t] > s[t+1]$ then $s[t] := 1$ else $s[t] := 0;$
LT	Less Than	$t := t - 1;$ if $s[t] < s[t+1]$ then $s[t] := 1$ else $s[t] := 0;$
GE	Greater Equal	$t := t - 1;$ if $s[t] \geq s[t+1]$ then $s[t] := 1$ else $s[t] := 0;$
LE	Less Equal	$t := t - 1;$ if $s[t] \leq s[t+1]$ then $s[t] := 1$ else $s[t] := 0;$

# Xây dựng bảng ký hiệu

---

- Bổ sung thông tin cho biến
  - Vị trí trên frame
  - Phạm vi
- Bổ sung thông tin cho tham số
  - Vị trí trên frame
  - Phạm vi
- Bổ sung thông tin cho hàm/thủ tục/chương trình
  - Địa chỉ bắt đầu
  - Kích thước của frame
  - Số lượng tham số của hàm/thủ tục

# Xây dựng bảng ký hiệu

---

- Bổ sung thông tin cho biến
  - Vị trí trên frame
  - Phạm vi

```
struct VariableAttributes_ {  
    Type *type;  
    struct Scope_ *scope;  
    int localOffset;  
};
```



# Xây dựng bảng ký hiệu

---

- Bổ sung thông tin cho tham số
  - Vị trí trên frame
  - Phạm vi

```
struct ParameterAttributes_ {  
    enum ParamKind kind;  
    Type* type;  
    struct Scope_ *scope;  
    int localOffset;  
};
```

# Xây dựng bảng ký hiệu

---

- Bổ sung thông tin cho phạm vi
  - Kích thước frame

```
struct Scope_ {  
    ObjectNode *objList;  
    Object *owner;  
    struct Scope_ *outer;  
    int frameSize;  
};
```

# Xây dựng bảng ký hiệu

---

- Bổ sung thông tin cho hàm
  - Vị trí
  - Số lượng tham số

```
struct FunctionAttributes_  
{  
    struct ObjectNode_ *paramList;  
    Type* returnType;  
    struct Scope_ *scope;  
  
    int paramCount;  
    CodeAddress codeAddress;  
};
```

# Xây dựng bảng ký hiệu

---

- Bổ sung thông tin cho thủ tục
  - Vị trí
  - Số lượng tham số

```
struct ProcedureAttributes_  
{  
    struct ObjectNode_ *paramList;  
    struct Scope_ * scope;  
  
    int paramCount;  
    CodeAddress codeAddress;  
};
```

# Xây dựng bảng ký hiệu

---

- Bổ sung thông tin cho
  - Vị trí

```
struct ProgramAttributes_  
    struct Scope_ *scope;  
    CodeAddress codeAddress;  
};
```

# Nhiệm vụ

---

- Viết các hàm sau trên `syntab.c`  

```
int  sizeofType (Type*  type) ;  
void declareObject (Object*  obj) ;
```
- Lưu ý: Để đơn giản hóa, mỗi giá trị integer/char đều chiếm một từ (4 bytes) trên ngăn xếp
- Thứ tự các từ trên 1 frame như sau
  - 0: RV
  - 1: DL
  - 2: RA
  - 3: SL
  - 4-(4+k): k tham số
  - (4+k+1)-(4+k+n): biến cục bộ