写一个解释器

刘恩泽

2017-09-24

目录

什么是解释器

解释器

- 同声传译
- 一段能够理解并执行 你的程序的 程序
  - 理解你的代码所表示的意图
  - 执行你的意图

代码的意图

- 赋值/定义

```
1 (setf a 1)
2 (defun plus (a b) (+ a b))
```

- 取值

  `a`

- 执行

  `(plus 1 2)`

LISP

语法 (S Expression)

- 原子 `a`, `1`, `"hello world"`
- 表 `()`, `nil`, `(a 1 2)`, `(a . b)` , `(a . nil)`, `(a (b))`

语义

原子表达式 即 `a`, `1` 等原子，可直接求值或上下文中查找对应的值

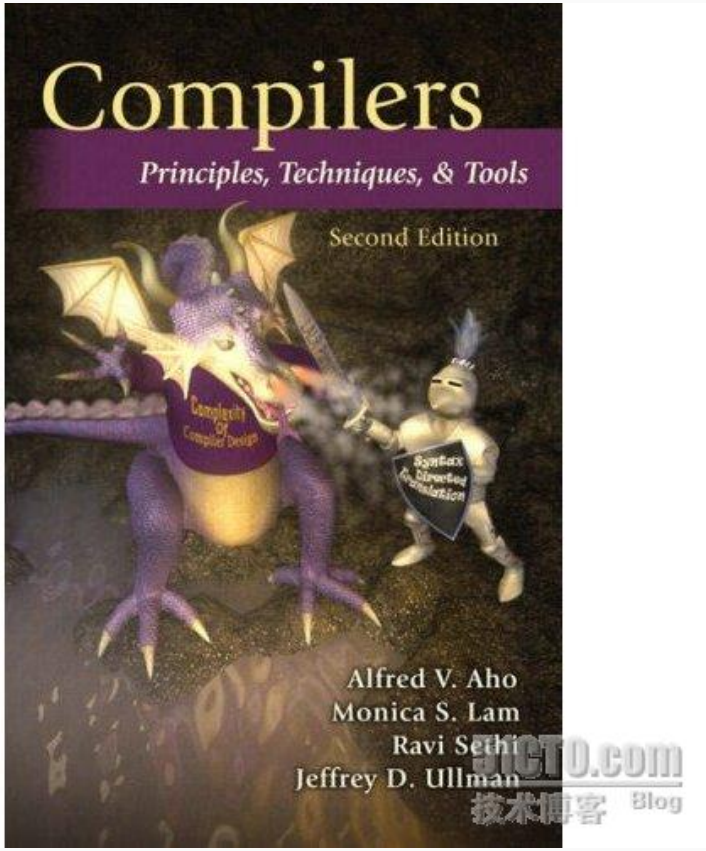
复合表达式 函数

特殊形式 求值方式与函数不一致

如何下手

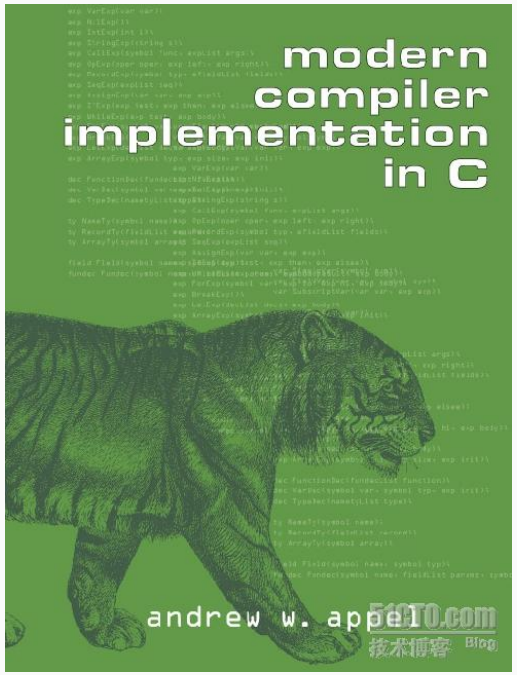
步骤 i

Dragon book, 中文名 编译原理



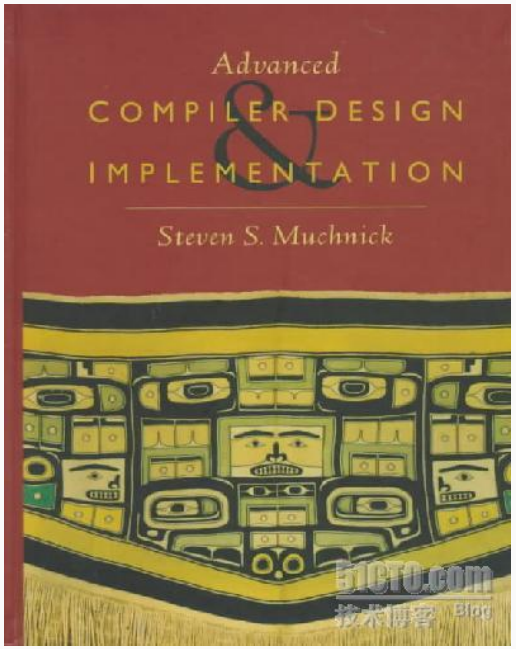
步骤 ii

Tiger book, 中文名 现代编译原理-C 语言描述



步骤 iii

Whale book, 中文名 高级编译器设计与实现



结束

- 好，分享结束，大家可以回去看书了.

结束

- 好，分享结束，大家可以回去看书了.
- 预计一年后，应该可以成功写出来了。

结束

- 好，分享结束，大家可以回去看书了.
- 预计一年后，应该可以成功写出来了。
- 开个玩笑，我们继续. 看一个 半小时就能写出来的版本 。

半小时版本

核心逻辑

- parse -> (eval[1] -> apply[2]) loop...

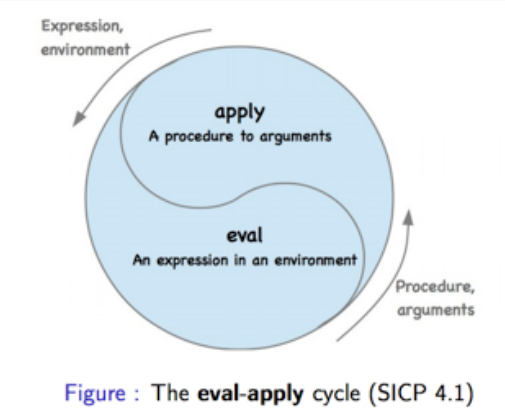


Figure : The **eval-apply** cycle (SICP 4.1)

[1]处理表达式
[2]处理值

解析 (1 min)

这里我们就偷个懒，利用 lisp 的 read-from-string / read 方法

```
(read-from-string "(1 2 3)")
;;; => (1 2 3)
(read-from-string "1")
;;; => 1
(read-from-string "nil")
 ;;; => NIL
(read-from-string "(defun plus (a b ) (+ a b))")
;;; => (DEFUN PLUS (A B) (+ A B))
(read-from-string "(defun plus (a b)")
;;; Exception
```

表达式类型

- 原子
  - 常量 1, ”abc”
  - 变量 a, test
- 列表
  - quote (quote (a b c))
  - if (if t 1 2)
  - lambda (lambda (a) (+ 1 a))
  - define (define a 1)
  - assign (set! a 2)
  - begin (begin (define b 1) (set! b 2))
  - apply procedure (plus 1 2)

原子表达式

符号

当遇到了一个符号的时候，从当前的上下文中去查找其对应的值，做替换

```
a ;;; nil or unbound exception
(set! a 1) ;;; => 1
a ;;; => 1
```

常量

常量表达式的值即为本身

```
1 ;;; => 1
"abc" ;;; "abc"
```

特殊形式 if

```
1 (if predicate consuquence alternative)
```

> 先求值 *predicate*，如果符合，则求值 *consquence*, 反之，则求值 *alternative*

特殊在于, 控制表内的求值顺序。

并不会将表内表达式均求值，而是根据第一个元素的值，来决定后续如何进行求值。

特殊形式 define 以及 set!

```
1 (define variable value)
2 (set! variable value)
```

只求值 *value*，并将求值后的结果赋值给 *variable*[3]

特殊在于，控制表内的求值顺序以及 修改上下文

不对 variable 求值，仅求值 value，而后修改上下文。

[3]赋值表示在上下文中添加 (install) 这个符号以及这个符号对应的值.

特殊形式 quote

```
1 (quote (a b c))
```

返回其引用的表达式

syntactic sugar: `'(a b c)`

特殊在于, 控制表内的求值顺序。

不对表达式内求值，仅返回其引用的表达式。

特殊形式 lambda

```
1 (lambda (a) (+ 1 a))
```

生成一个 *procedure*, 包含 形式参数 列表，以及待执行的表达式 列表。

特殊同样在于, 控制表内的求值顺序。

只将待执行的表达式记录下来，留待需要时使用。

特殊形式 begin

```
1 (begin
2  (define a 3)
3  (set! a 1)
4  (+ a 2))
```

依次执行表达式序列

特殊在于, 控制表内的求值顺序

函数调用 i

```
1 (define plus (lambda (a) (+ 1 a)))
2 (plus 2) ;;; 3
```

1. 求值操作符
2. 求值操作数
3. 系统方法，则直接调用下层的 *apply*
4. 自定义的方法
   - 4.1 把形参对应的值添加到上下文中，生成新的上下文
   - 4.2 在新的上下文中，求值表达式列表

函数调用 ii

函数定义

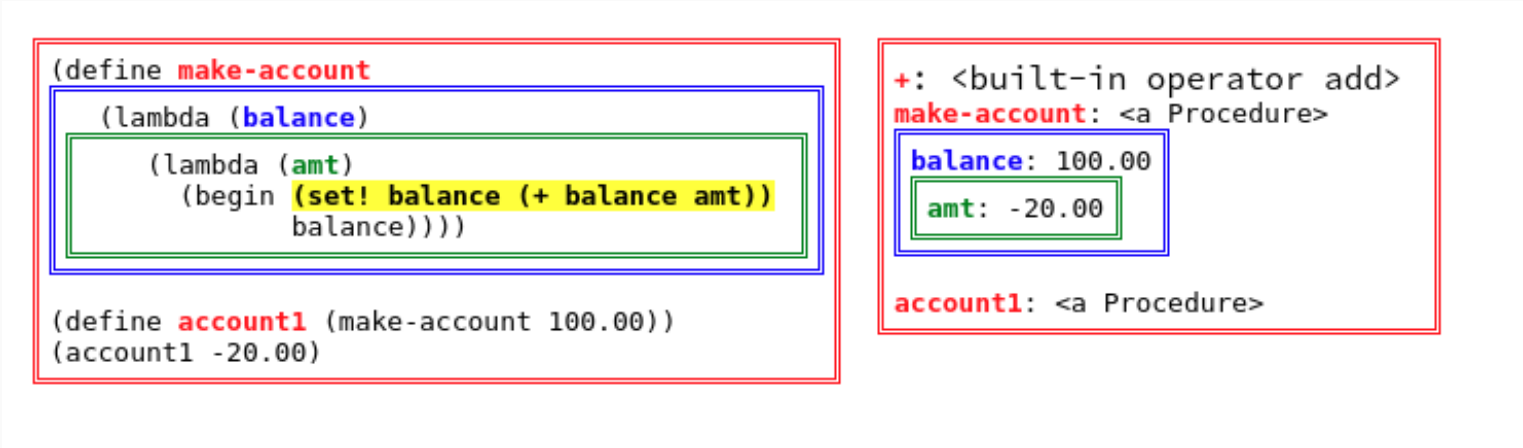
```
1 ;;; env => ((+) (<primitive +>))
2 (define plus1 (lambda (a) (+ 1 a)))
3 ;;; env =>
4 ;;;         ( (+ plus1)
5 ;;;           (<primitive +> <procedure object>) )
6
7 (plus1 2)
```

函数调用 iii

执行过程

```
1 (eval 'plus1 env) ;;; <procedure object>
2 (eval 2) ;;; 2
3 (extend (a) (2) env)
4 ;;; env' => ( (+ plus1 a)
5 ;;;              (<primitive +> <procedure object> 2))
6
7 (eval '(+ 1 a) env')
8 (eval a env') ;;; 2
9 (apply-primitive '+ (1 2)) ;;; 3
```

求值环境/上下文


(define make-account
(lambda (balance)
(lambda (amt)
(begin (set! balance (+ balance amt))
balance))))
(define account1 (make-account 100.00))
(account1 -20.00)
+: <built-in operator add>
make-account: <a Procedure>
balance: 100.00
amt: -20.00
account1: <a Procedure>

实现一个解释器

声明

源代码来自 SICP 第 4 章，链接见附录。

eval (dispatch)

```
1  (define (eval exp env)
2    (cond ((self-evaluating? exp) exp)
3          ((variable? exp) (lookup-variable-value exp ↩
       env))
4          ((quoted? exp) (text-of-quotation exp))
5          ((assignment? exp) (eval-assignment exp env))
6          ((definition? exp) (eval-definition exp env))
7          ((if? exp) (eval-if exp env))
8          ((lambda? exp)
9           (make-procedure (lambda-parameters exp)
10                          (lambda-body exp)
11                          env))
12         ((begin? exp)
13          (eval-sequence (begin-actions exp) env))
14         ((application? exp)
15          (apply (eval (operator exp) env)
16                 (list-of-values (operands exp) env)))
17         (else
18          (error "Unknown expression type -- EVAL" exp)↩
       )))
```

apply

```
1  (define (apply procedure arguments)
2    (cond ((primitive-procedure? procedure)
3           (apply-primitive-procedure procedure ↩
       arguments))
4          ((compound-procedure? procedure)
5           (eval-sequence
6             (procedure-body procedure)
7             (extend-environment
8               (procedure-parameters procedure)
9               arguments
10              (procedure-environment procedure))))
11         (else
12          (error
13           "Unknown procedure type -- APPLY" procedure)↩
       )))
```

env 求值上下文 i

```
1  (define (enclosing-environment env) (cdr env))
2  (define (first-frame env) (car env))
3  (define the-empty-environment '())
4
5  (define (make-frame variables values)
6    (cons variables values))
7  (define (frame-variables frame) (car frame))
8  (define (frame-values frame) (cdr frame))
9  (define (add-binding-to-frame! var val frame)
10   (set-car! frame (cons var (car frame)))
11   (set-cdr! frame (cons val (cdr frame))))
```

env 求值上下文 ii

```
1 (define (extend-environment vars vals base-env)
2   (if (= (length vars) (length vals))
3       (cons (make-frame vars vals) base-env)
4       (if (< (length vars) (length vals))
5           (error "Too many arguments supplied" vars ↩
    vals)
6           (error "Too few arguments supplied" vars ↩
    vals))))
```

eval-atom i

```
1  (define (self-evaluating? exp)
2    (cond ((number? exp) true)
3          ((string? exp) true)
4          (else false)))
5
6  (define (variable? exp) (symbol? exp))
```

eval-atom ii

```
1  (define (lookup-variable-value var env)
2    (define (env-loop env)
3      (define (scan vars vals)
4        (cond ((null? vars)
5               (env-loop (enclosing-environment env)))
6              ((eq? var (car vars))
7               (car vals))
8              (else (scan (cdr vars) (cdr vals)))))
9      (if (eq? env the-empty-environment)
10         (error "Unbound variable" var)
11         (let ((frame (first-frame env)))
12           (scan (frame-variables frame)
13                 (frame-values frame)))))
14   (env-loop env))
```

eval-define & eval-assign i

```
1  (define (eval-assignment exp env)
2    (set-variable-value!
3       (assignment-variable exp)
4       (eval (assignment-value exp) env)
5       env)
6    'ok)
7
8  (define (eval-definition exp env)
9      (define-variable!
10         (definition-variable exp)
11         (eval (definition-value exp) env)
12       env)
13   'ok)
```

eval-define & eval-assign ii

```
1  (define (define-variable! var val env)
2    (let ((frame (first-frame env)))
3      (define (scan vars vals)
4        (cond ((null? vars)
5               (add-binding-to-frame! var val frame))
6              ((eq? var (car vars))
7               (set-car! vals val))
8              (else (scan (cdr vars) (cdr vals)))))
9      (scan (frame-variables frame)
10           (frame-values frame))))
```

eval-if

```
1 (define (eval-if exp env)
2   (if (true? (eval (if-predicate exp) env))
3       (eval (if-consequent exp) env)
4       (eval (if-alternative exp) env)))
```

eval-quote

```
1 (define (quoted? exp)
2   (tagged-list? exp 'quote))
3
4 (define (text-of-quotation exp) (cadr exp))
```

eval-lambda

```
1 (define (make-procedure parameters body env)
2   (list 'procedure parameters body env))
3 (define (compound-procedure? p)
4   (tagged-list? p 'procedure))
5 (define (procedure-parameters p) (cadr p))
6 (define (procedure-body p) (caddr p))
7 (define (procedure-environment p) (cadddr p))
```

eval-begin

```
1 (define (eval-sequence exps env)
2   (cond ((last-exp? exps) (eval (first-exp exps) env))
3         (else (eval (first-exp exps) env)
4               (eval-sequence (rest-exps exps) env))))
```

最后

几个题外话

- 如果没有 assign, 会不会简单很多
- 如果使用 lazy 的求值, 而不是应用时求值，是否很多特殊形式就没有必要了
- 如果增加一个 `case` 的关键字
- 如果做语法分析
- 如果要编译成 c

参考文档

- (How to Write a (Lisp) Interpreter (in Python))
- (An ((Even Better) Lisp) Interpreter (in Python))
- SICP Charpter 4: The Metacircular Evaluator