Técnica de Teste Estrutural - Fluxo de Dados

PPGCC12-Teste de Software

Reginaldo Ré

Aula 06

Introdução

Introdução

Técnica Estrutural

- Conhecida como teste caixa-branca (em oposição ao teste caixa-preta).
- Baseia-se no conhecimento da estrutura interna (implementação) do programa.
  - Teste dos detalhes procedimentais.
- A maioria dos critérios dessa técnica utiliza uma representação de programa conhecida como grafo de programa.

Técnica Estrutural

Critérios da Técnica Estrutural

- Baseados em Fluxo de Controle
  - Todos-Nós
  - Todas-Arestas
  - Todos-Caminhos: Simples, Completo, Livre de Laço, ...
- Baseados em Complexidade
  - Critério de McCabe (teste do caminho base).
- Baseados em Fluxo de Dados
  - Critérios de Rapps & Weyuker
    - Todas-Defs, Todos-Usos, Todos-P-Usos e outros.
  - Critérios Potenciais-Usos (Maldonado)
    - Todos-Potenciais-Usos, Todos-Potenciais-Usos/DU e outros.

Critérios Baseados em Fluxo de Dados

Critérios Baseados em Fluxo de Dados (1/4)

- Critérios pertencentes à técnica estrutural.
- Complementares aos critérios baseados em fluxo de controle.
- Objetivo: testar o uso das variáveis em um programa, ou seja, como os dados são usados nas computações.
- Utilizam informações do fluxo de dados do programa para determinar os requisitos de teste.
    - Exploram as interações que envolvem definições de variáveis e referências a tais definições.

Critérios Baseados em Fluxo de Dados (2/4)

- Exemplo de erro de fluxo de dados:

```
1 main(){
2     int x;
3     if (x==42){...}
4 }
```

  - Referenciar uma variável sem esta ter sido inicializada.
    - Assumir que o compilador inicializa a variável com algum valor padrão quando ele não o faz. Qual a saída do programa abaixo?

```
1 #include <stdio.h>
2 main() {
3     int x;
4     printf ("%d",x);
5 }
```

Critérios Baseados em Fluxo de Dados (3/4)

- O teste baseado em fluxo de dados constitui uma ferramenta poderosa para identificar o uso incorreto de valores resultante de erros de codificação.
- Tornou-se popular com a publicação do trabalho de Rapps e Weyuker (1982):

> "It is our belief that, just as one would not feel confident about a program without executing every statement in it as part of some test, one should not feel confident about a program without having seen the effect of using the value produced by each and every computation."

Critérios Baseados em Fluxo de Dados (4/4)

- Critérios principais:
  - Família de critérios de Rapps e Weyuker

Anomalias de Fluxo de Dados

- Uso de variável não inicializada.
- Atribuição de valor a uma variável mais de uma vez sem que tenha havido uma referência a essa variável entre essas atribuições.
- Liberação ou reinicialização de uma variável antes que ela tenha sido criada ou inicializada.
- Liberação ou reinicialização de uma variável antes que ela tenha sido usada.
- Atribuir novo valor a um ponteiro sem que variável tenha sido liberada.

Usos de Variáveis

- Existem dois tipos de uso de variáveis:
  - Uso em computações, denominados uso computacional. Por exemplo:
    - `a = b * 1`.
  - Uso em condições, denominado uso predicativo. Por exemplo:
    - `if (a >= b)`.
- Independentemente do tipo de uso, é imprescindível que antes de ser usada a variável tenha sido definida.
  - A definição de uma variável ocorre quando ela recebe um valor. Por exemplo, via comando de atribuição:
    - `a = 10` e `b = 5`.

Critérios de Rapps e Weyuker

- Objetivo: exercitar caminhos ligando definições globais a usos globais de variáveis do programa.
- Critérios:
  - Todas-Definições.
  - Todos-P-Usos.
  - Todos-P-Usos/Alguns-C-Usos.
  - Todos-C-Usos/Alguns-P-Usos.
  - Todos-Usos.
  - Todos-DU-Caminhos.

Grafo Def-Uso

- Utilizam o Grafo Def-Uso (*Def-Use Graph*) para derivar os requisitos de teste.
  - Informações a respeito do fluxo de dados do programa.
  - Extensão do GFC.

Grafo Def-Uso

GFC + Definição e Uso de Variáveis

Grafo Def-Uso

- Definição:
  - Atribuição de um valor a uma variável.
  - $a = 1$
- Uso Predicativo (p-uso):
  - A variável é utilizada em uma condição.
  - if $(a > 0)$
- Uso Computacional (c-uso):
  - A variável é utilizada em uma computação.
  - $b = a + 1$

Exemplo Grafo Def-Uso (1/3)

Programa Identifier

O programa *Identifier* determina se um identificador é válido ou não. Um identificador válido deve começar com uma letra e conter apenas letras ou dígitos. Além disso, deve ter no mínimo um caractere e no máximo seis caracteres de comprimento.

Exemplo Grafo Def-Uso (2/3)

Programa Identifier

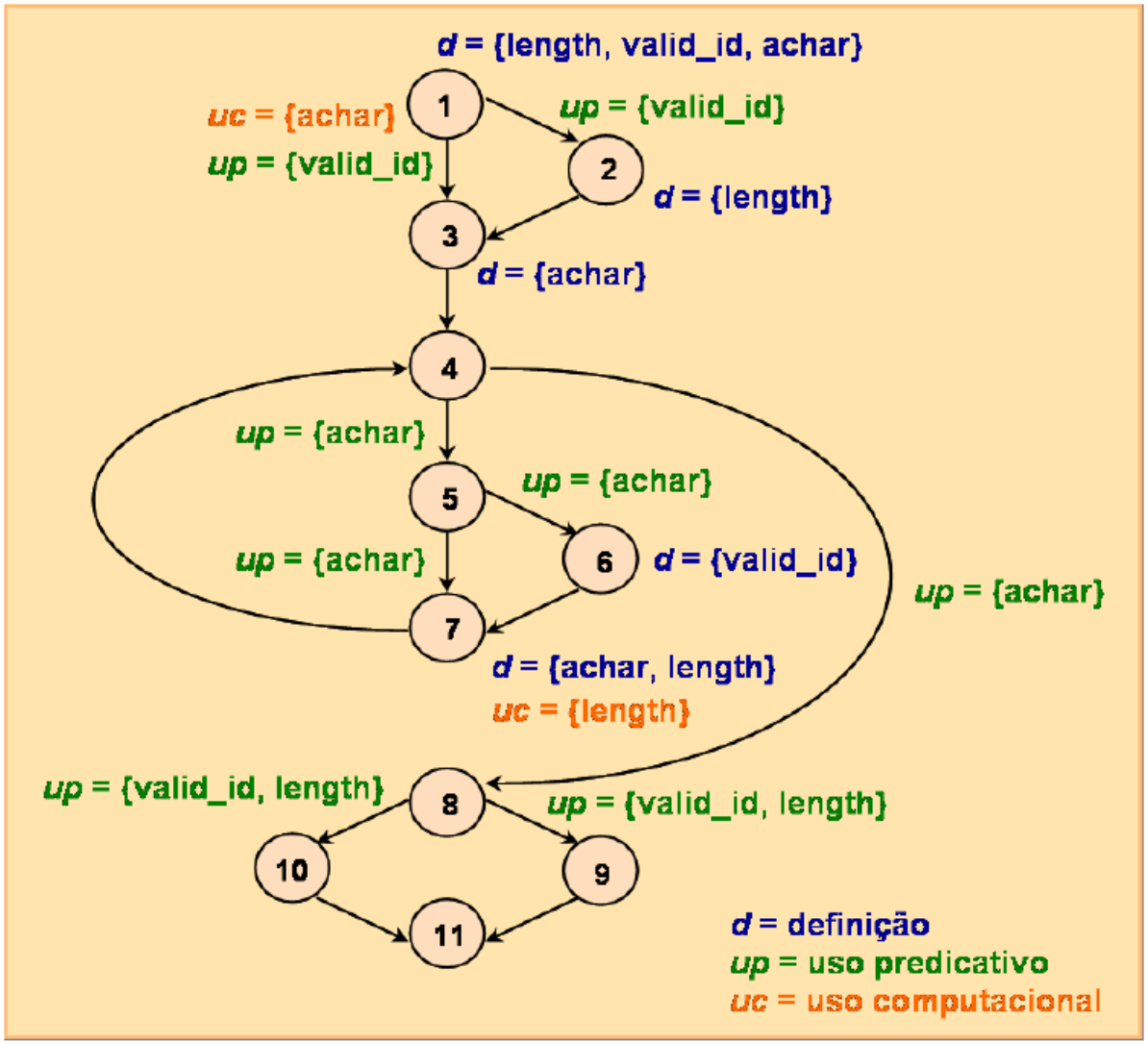
```
/* 01 */     {
/* 01 */           char  achar;
/* 01 */           int length, valid_id;
/* 01 */           length = 0;
/* 01 */           printf ("Identificador: ");
/* 01 */           achar = fgetc (stdin);
/* 01 */           valid_id = valid_s(achar);
/* 01 */           if (valid_id)
/* 02 */              length = 1;
/* 03 */           achar = fgetc (stdin);
/* 04 */           while (achar != '\n')
/* 05 */           {
/* 05 */              if (!(valid_f(achar)))
/* 06 */                 valid_id = 0;
/* 07 */              length++;
/* 07 */              achar = fgetc (stdin);
/* 07 */           }
/* 08 */           if (valid_id && (length >= 1) && (length < 6))
/* 09 */              printf ("Valido\n");
/* 10 */           else
/* 10 */              printf ("Invalido\n");
/* 11 */     }
```

Implementação do Programa *Identifier* (função main).

- Função valid_s(): determina se o primeiro caractere é válido.
- Função valid_f(): determina se o próximo caractere é válido.

Exemplo Grafo Def-Uso (3/3)

Programa Identifier



Critério Todas-Definições (1/4)

Requer que cada definição de variável seja exercitada pelo menos uma vez, não importa se por um c-uso ou por um p-uso.

- Para todas as definições de variáveis deve ser exercitado um caminho livre de definição para pelo menos um de seus usos.
  - Caminho onde a variável não é redefinida.

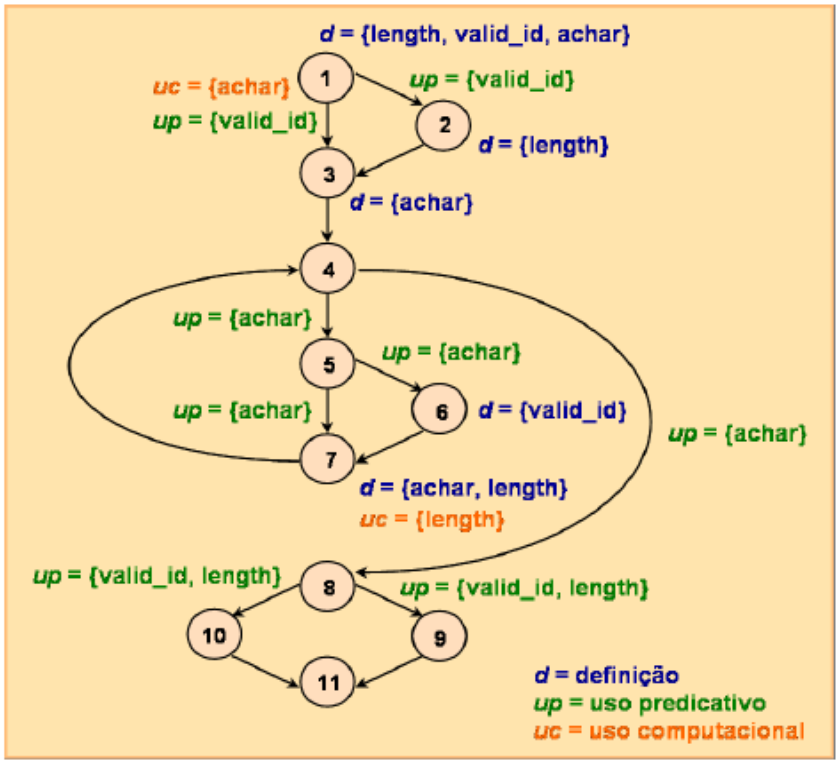
Critério Todas-Definições (2/4)

- Associações Definição-Uso

Tripla $<i,j,var>$ ou $<i,(j,k),var>$ indicando que a variável *var* é definida no nó i e existe um uso computacional de *var* no nó j ou um uso predicativo de *var* no arco (j,k), respectivamente, bem como pelo menos um caminho livre de definição do nó i ao nó j ou ao arco (j,k).

Critério Todas-Definições (3/4)

- Elementos Requeridos
  (definição da variável `length` no nó 1):
  - Associações: <1,7,length>; <1,(8,10),length>.
  - Basta ser executado um dos seguintes sub-caminhos:
    (1,3,4,5,7); (1,3,4,5,6,7); (1,3,4,8,10).



Critério Todas-Definições (4/4)

- Para satisfazer o critério Todas-Definições, a análise anterior deve ser realizada para toda definição que ocorre no programa.

Nó	Variável	Caminhos Requeridos
1	`length`	(1,3,4,5,7)
		(1,3,4,5,6,7)
		(1,3,4,8,9) ×
		(1,3,4,8,10)
	`valid_id`	(1,2,3,4,8,9)
		(1,3,4,8,10)
	`achar`	(1,3,4,5,7)
		(1,3,4,5,6)
		(1,3,4,8)
2	`length`	(2,3,4,5,7)
		(2,3,4,5,6,7)
		(2,3,4,8,9)
		(2,3,4,8,10) ×
3	`achar`	(3,4,5,7)
		(3,4,5,6)
		(3,4,8)
6	`valid_id`	(6,7,4,8,9) ×
		(6,7,4,8,10)
7	`length`	(7,4,5,7)
		(7,4,5,6,7)
		(7,4,8,9)
		(7,4,8,10)
	`achar`	(7,4,5,7)
		(7,4,5,6)
		(7,4,8)

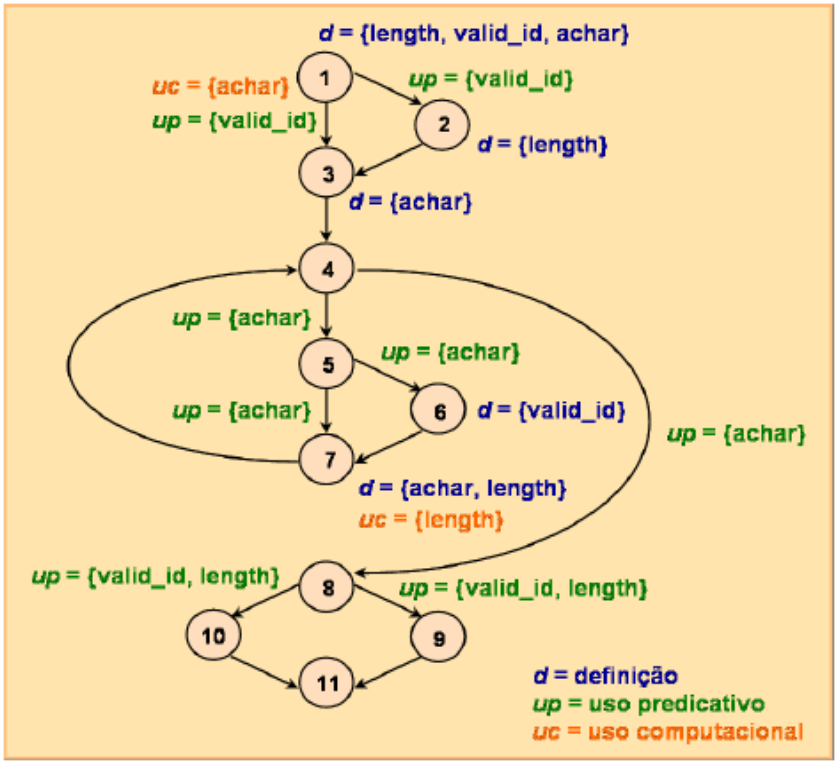
Critério Todos-Usos (1/4)

Requer que todas as associações entre uma definição de variável e seus subseqüentes usos (c-usos e p-usos) sejam exercitadas pelos casos de teste, através de pelo menos um caminho livre de definição.

- Para todas as definições de variáveis deve ser exercitado um caminho para todos os seus c-usos e para todos os seus p-usos.

Critério Todos-Usos (2/4)

- Elementos Requeridos (definição da variável `length` no nó 1):
  - Associações: <1,7,length>; <1,(8,10),length>.



Critério Todos-Usos (3/4)

- Para satisfazer o critério Todos-Usos, a análise anterior deve ser realizada para todas as demais variáveis e associações pertinentes.

Associações Requeridas
$\langle 1, 7, \{\texttt{length}\}\rangle$
$\langle 1, (8, 9), \{\texttt{length}, \texttt{valid\_id}\}\rangle$ ×
$\langle 1, (8, 10), \{\texttt{length}, \texttt{valid\_id}\}\rangle$
$\langle 1, (1, 2), \{\texttt{valid\_id}\}\rangle$
$\langle 1, (1, 3), \{\texttt{valid\_id}\}\rangle$
$\langle 1, 1, \{\texttt{achar}\}\rangle$
$\langle 1, (4, 5), \{\texttt{achar}\}\rangle$
$\langle 1, (4, 8), \{\texttt{achar}\}\rangle$
$\langle 1, (5, 6), \{\texttt{achar}\}\rangle$
$\langle 1, (5, 7), \{\texttt{achar}\}\rangle$
$\langle 2, 7, \{\texttt{length}\}\rangle$
$\langle 2, (8, 9), \{\texttt{length}\}\rangle$
$\langle 2, (8, 10), \{\texttt{length}\}\rangle$ ×
$\langle 3, (4, 5), \{\texttt{achar}\}\rangle$
$\langle 3, (4, 8), \{\texttt{achar}\}\rangle$
$\langle 3, (5, 6), \{\texttt{achar}\}\rangle$
$\langle 3, (5, 7), \{\texttt{achar}\}\rangle$
$\langle 6, (8, 9), \{\texttt{valid\_id}\}\rangle$ ×
$\langle 6, (8, 10), \{\texttt{valid\_id}\}\rangle$
$\langle 7, 7, \{\texttt{length}\}\rangle$
$\langle 7, (8, 9), \{\texttt{length}\}\rangle$
$\langle 7, (8, 10), \{\texttt{length}\}\rangle$
$\langle 7, (4, 5), \{\texttt{achar}\}\rangle$
$\langle 7, (4, 8), \{\texttt{achar}\}\rangle$
$\langle 7, (5, 6), \{\texttt{achar}\}\rangle$
$\langle 7, (5, 7), \{\texttt{achar}\}\rangle$

Critério Todos-Usos (4/4)

- Os critérios Todos-P-Usos, Todos-P-Usos/Alguns-C-Usos e Todos-C-Usos/Alguns-P-Usos representam variações do critério Todos-Usos.

Critério	**Descrição**
Todos-P-Usos	Para todas as definições de variáveis deve ser exercitado um caminho para todos os seus p-usos.
Todos-P-Usos/ Alguns-C-Usos	Para todas as definições de variáveis deve ser exercitado um caminho para todos os seus p-usos e alguns c-usos.
Todos-C-Usos/ Alguns-P-Usos	Para todas as definições de variáveis deve ser exercitado um caminho para todos os seus c-usos e para alguns p-usos.

Critério Todos-DU-Caminhos

Requer que toda associação entre uma definição de variável e subseqüentes p-usos ou c-usos dessa variável seja exercitada por todos os caminhos livres de definição e livres de laço que cubram essa associação.

Propriedades Requeridas

- Propriedades Mínimas de um Critério de Teste:
  1. Garantir, do ponto de vista de fluxo de controle, a cobertura de todos os desvios condicionais.
     Ou seja, incluir o critério Todos-Arcos.
  2. Requerer, do ponto de vista de fluxo de dados, ao menos um uso de todo resultado computacional.
     Ou seja, incluir o critério Todas-Definições.
  3. Requerer um conjunto de casos de teste finito.

Hierarquia entre os Critérios de Rapps e Weyuker

- Hierarquia entre os Critérios

Limitações

- A principal desvantagem dos critérios baseados em análise de fluxo de dados é que na presença de caminhos não executáveis estes não garantem a inclusão do critério Todos-Arcos.
- Diz-que que tais critérios não estabelecem uma ponte (*bridge the gap*) entre os critérios Todos-Arcos e Todos-Caminhos.
- Ainda, a maioria dos programas reais contém caminhos não executáveis.

Considerações Finais

Pontos importantes

- Critérios Baseados em Fluxo de Dados identificam pares definição-uso para variáveis de um programa.
- Critérios de Rapps e Weyuker
  - Grafo Def-Uso é a base a partir do qual os requisitos de testes são derivados.
  - Requisitos definidos como associações definição-uso.
- Critérios Potenciais-Usos
  - Grafo Def é a base a partir do qual os requisitos de testes são derivados.
  - Requisitos definidos como potenciais-associações.
  - Preenchem a lacuna entre os critérios de fluxo de controle Todos-Arcos e Todos-Caminhos.