Técnica Estrutural

Critérios da Técnica Estrutural

Critérios de Fluxo de Controle

Critério Baseado na Complexidade

Resumo

Exercícios

SCE221 – Verificação, Validação e Teste
SCE702 – Teste e Inspeção de Software

Técnica de Teste Estrutural

Profa. Ellen Francine Barbosa
Profa. Simone do Rocio Senger de Souza
{francine, srocio}@icmc.usp.br

Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação — ICMC/USP

Roteiro

Técnica Estrutural
Critérios da Técnica Estrutural
Critérios de Fluxo de Controle
Critério Baseado na Complexidade
Resumo
Exercícios

- Técnica Estrutural
- Critérios da Técnica Estrutural
- Critérios de Fluxo de Controle
- Critério Baseado na Complexidade
- Resumo
- Exercícios

Técnica Estrutural
Passos
Grafo de Fluxo de Controle
Aplicabilidade
Problemas
Vantagens
Critérios da Técnica Estrutural
Critérios de Fluxo de Controle
Critério Baseado na Complexidade
Resumo
Exercícios

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
Passos
Grafo de Fluxo de Controle
Aplicabilidade
Problemas
Vantagens
Critérios da Técnica Estrutural
Critérios de Fluxo de Controle
Critério Baseado na Complexidade
Resumo
Exercícios

Passos da Técnica Estrutural

- Passos básicos para aplicar um critério de teste estrutural:
  - A implementação do produto em teste é analisada.
  - Caminhos através da implementação são escolhidos.
  - Valores de entrada são selecionados de modo que os caminhos escolhidos sejam executados.
  - As saídas esperadas para as entradas selecionadas são determinadas.
  - Os casos de testes são construídos.
  - As saídas obtidas são comparadas às saídas esperadas.
  - Um relatório é gerado para avaliar o resultado dos testes.

Técnica Estrutural
Passos
Grafo de Fluxo de Controle
Aplicabilidade
Problemas
Vantagens
Critérios da Técnica Estrutural
Critérios de Fluxo de Controle
Critério Baseado na Complexidade
Resumo
Exercícios

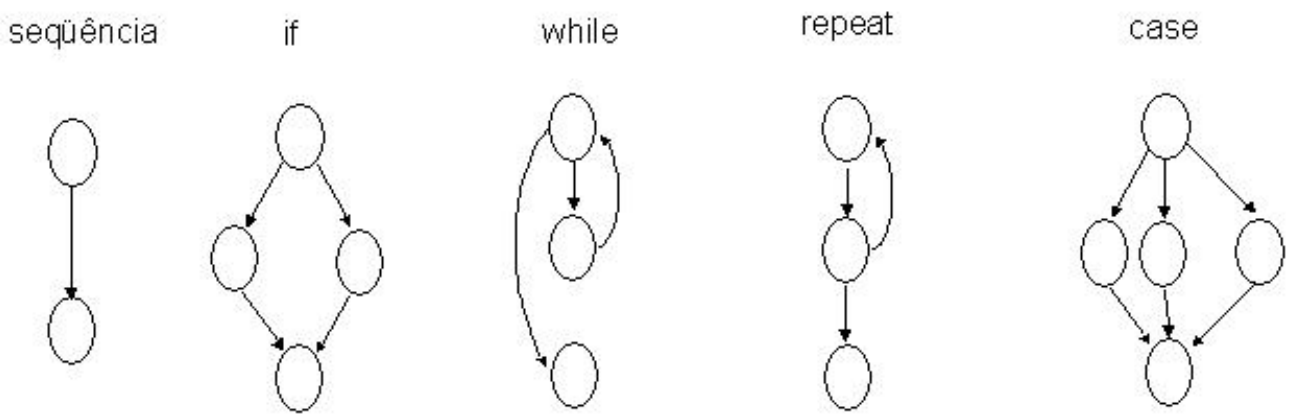
Grafo de Fluxo de Controle – GFC

- Representação do programa que visa auxiliar a geração dos requisitos de teste.
- Seja GFC = (N, E, s) um grafo no qual N representa o conjunto de nós, E o conjunto de arcos, e s o nó de entrada.
  - Nós: blocos de comandos indivisíveis.
    - Não existe desvio para o meio do bloco.
    - Uma vez que o primeiro comando do bloco é executado, os demais comandos são executados seqüencialmente.
  - Arestas ou Arcos: representam o fluxo de controle entre os nós.
  - Caminhos: seqüências de execução de comandos que iniciam em um nó de entrada e terminam em um nó de saída.

Técnica Estrutural
Passos
Grafo de Fluxo de Controle
Aplicabilidade
Problemas
Vantagens
Critérios da Técnica Estrutural
Critérios de Fluxo de Controle
Critério Baseado na Complexidade
Resumo
Exercícios

Grafo de Fluxo de Controle – GFC

- Construções Básicas de um GFC:



Técnica Estrutural
Passos
Grafo de Fluxo de Controle
Aplicabilidade
Problemas
Vantagens
Critérios da Técnica Estrutural
Critérios de Fluxo de Controle
Critério Baseado na Complexidade
Resumo
Exercícios

Exemplo de GCF: 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.

Técnica Estrutural
Passos
Grafo de Fluxo de Controle
Aplicabilidade
Problemas
Vantagens
Critérios da Técnica Estrutural
Critérios de Fluxo de Controle
Critério Baseado na Complexidade
Resumo
Exercícios

Exemplo de GCF: Programa Identifier

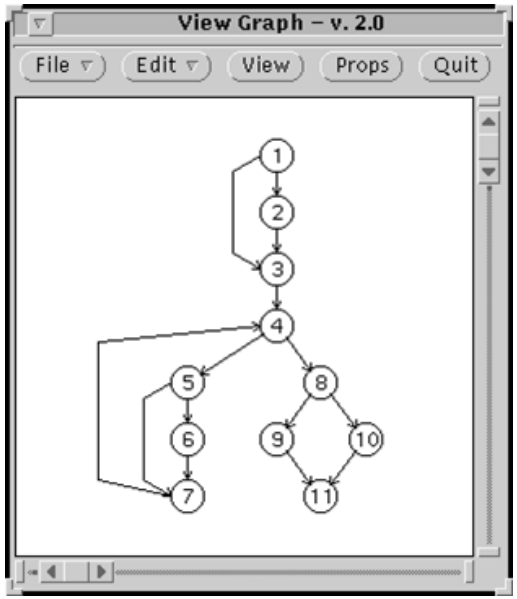
```
/* 01 */     {
/* 01 */           char  achar;
/* 01 */           int length, valid_id;
/* 01 */           length = 0;
/* 01 */           printf ("Identificador: ");
/* 01 */           achar = fgetc (stdin);
/* 01 */           valid_id = valid_s(achar);
/* 01 */           if (valid_id)
/* 02 */              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.

Técnica Estrutural
Passos
Grafo de Fluxo de Controle
Aplicabilidade
Problemas
Vantagens
Critérios da Técnica Estrutural
Critérios de Fluxo de Controle
Critério Baseado na Complexidade
Resumo
Exercícios

Exemplo de GCF: Programa Identifier



Grafo de Programa do *Identifier* Gerado pela *View-Graph*

- Nós: 1, 2, 3, ...
- Arcos: <1,2>, <1,3>, ...
- Arcos Primitivos:
  <1,2>,<1,3>,<5,6>,<5,7>,<8,9>,<8,10>
- Caminhos
  - Simples: (2,3,4,5,6,7)
  - Completo: (1,2,3,4,5,7,4,8,9,11)

Técnica Estrutural
Passos
Grafo de Fluxo de Controle
Aplicabilidade
Problemas
Vantagens
Critérios da Técnica Estrutural
Critérios de Fluxo de Controle
Critério Baseado na Complexidade
Resumo
Exercícios

Exemplo de GCF: Programa Identifier

- Caminho Não-Executável (Executabilidade).

```
/* 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 */   }
```

Programa *Identifier* (função main).

Técnica Estrutural
Passos
Grafo de Fluxo de Controle
Aplicabilidade
Problemas
Vantagens
Critérios da Técnica Estrutural
Critérios de Fluxo de Controle
Critério Baseado na Complexidade
Resumo
Exercícios

Exemplo de GCF: Programa Identifier

- Caminho Não-Executável (Executabilidade).

```
/* 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 */   }
```

Programa *Identifier* (função main).

Técnica Estrutural
Passos
Grafo de Fluxo de Controle
Aplicabilidade
Problemas
Vantagens
Critérios da Técnica Estrutural
Critérios de Fluxo de Controle
Critério Baseado na Complexidade
Resumo
Exercícios

Aplicabilidade

- Critérios da técnica estrutural podem ser utilizados em todas as fases de teste.
- Em geral, bastante aplicado no teste de unidade pelo próprio desenvolvedor da mesma.
  - Garantir que a lógica da unidade em teste está correta.
- Teste de caminhos:
  - Caminhos dentro de uma unidade.
  - Caminhos entre unidades.
  - Caminhos entre sub-sistemas.
  - Caminhos entre o sistema todo.

Técnica Estrutural
Passos
Grafo de Fluxo de Controle
Aplicabilidade
Problemas
Vantagens
Critérios da Técnica Estrutural
Critérios de Fluxo de Controle
Critério Baseado na Complexidade
Resumo
Exercícios

Problemas da Técnica Estrutural

- O número de caminhos a serem executados pode ser infinito (semelhante ao teste exaustivo).
- Assume o fluxo de controle correto (ou próximo do correto).
  - Casos de testes são baseados em caminhos existentes: caminhos inexistentes não podem ser descobertos.
- Impossibilidade, em geral, de determinar se um caminho é executável ou não.
  - Intervenção do testador.
  - Dificuldade de automatização.
- Habilidades de programação avançadas são exigidas para compreender o código e decidir pela executabilidade ou não de um caminho.

Técnica Estrutural
Passos
Grafo de Fluxo de Controle
Aplicabilidade
Problemas
Vantagens
Critérios da Técnica Estrutural
Critérios de Fluxo de Controle
Critério Baseado na Complexidade
Resumo
Exercícios

Vantagens da Técnica Estrutural

- É possível garantir que partes essenciais ou críticas do programa tenham sido executadas.
  - Requisito mínimo de teste: garantir que o programa foi liberado tendo seus comandos executados ao menos uma vez por pelo menos um caso de teste.
- Implementação dos critérios de teste é mais fácil de ser automatizada.
  - Ferramentas de teste.

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.

Técnica Estrutural
Critérios da Técnica Estrutural
Critérios de Fluxo de Controle
Critério Todos-Nós
Critério Todos-Arcos
Critérios Baseados em Caminhos
Critério Baseado na Complexidade
Resumo
Exercícios

Critérios Baseados em Fluxo de Controle

- Utilizam características de controle da execução do programa para determinar os requisitos de teste.
  - Comandos
  - Desvios de Execução
- Alguns critérios de fluxo de controle:
  - Todos-Nós
  - Todos-Arcos
  - Todos-Caminhos
  - Todos-Caminhos-Simples
  - Todos-Caminhos-Completos
  - Todos-Caminhos-Livre-Laço

Técnica Estrutural
Critérios da Técnica Estrutural
Critérios de Fluxo de Controle
Critério Todos-Nós
Critério Todos-Arcos
Critérios Baseados em Caminhos
Critério Baseado na Complexidade
Resumo
Exercícios

Critério Todos-Nós

- Exige que a execução do programa passe, ao menos uma vez, em cada nó do grafo de programa.

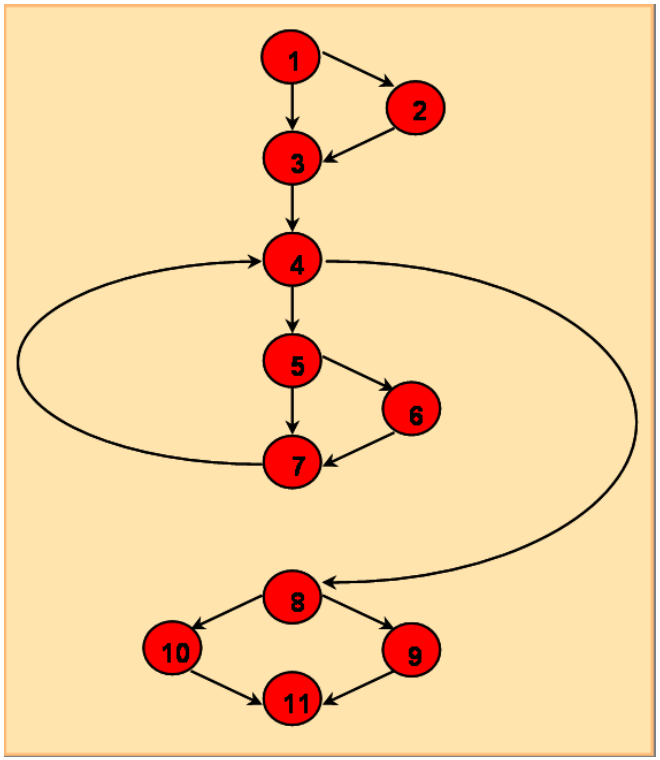
Ou seja...

Requer que cada comando do programa seja executado pelo menos uma vez.

Técnica Estrutural
Critérios da Técnica Estrutural
Critérios de Fluxo de Controle
Critério Todos-Nós
Critério Todos-Arcos
Critérios Baseados em Caminhos
Critério Baseado na Complexidade
Resumo
Exercícios

Critério Todos-Nós

- Elementos Requeridos:
  - Nós: 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11



Critério Todos-Nós.

Técnica Estrutural
Critérios da Técnica Estrutural
Critérios de Fluxo de Controle
Critério Todos-Nós
Critério Todos-Arcos
Critérios Baseados em Caminhos
Critério Baseado na Complexidade
Resumo
Exercícios

Critério Todos-Arcos

- Exige que a execução do programa passe, ao menos uma vez, em cada arco do grafo de programa.

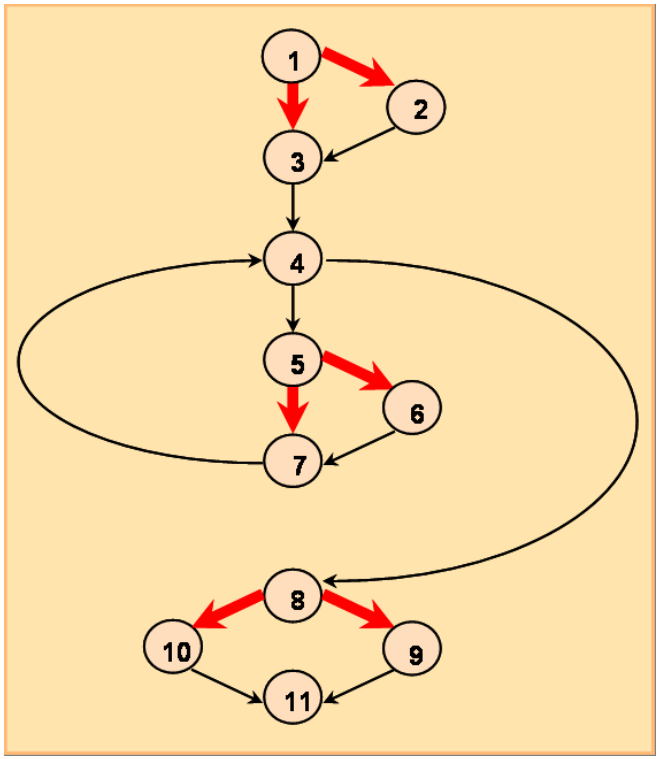
Ou seja...

Requer que cada desvio de fluxo de controle do programa seja exercitado pelo menos uma vez.

Técnica Estrutural
Critérios da Técnica Estrutural
Critérios de Fluxo de Controle
Critério Todos-Nós
Critério Todos-Arcos
Critérios Baseados em Caminhos
Critério Baseado na Complexidade
Resumo
Exercícios

Critério Todos-Arcos

- Elementos Requeridos:
  - Arcos
    - Arcos Primitivos: <1,2>, <1,3>, <5,6>, <5,7>, <8,9>, <8,10>



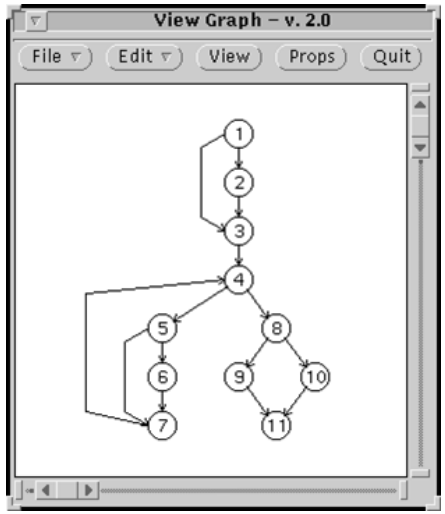
Critério Todos-Arcos.

Técnica Estrutural
Critérios da Técnica Estrutural
Critérios de Fluxo de Controle
Critério Todos-Nós
Critério Todos-Arcos
Critérios Baseados em Caminhos
Critério Baseado na Complexidade
Resumo
Exercícios

Critérios Baseados em Caminhos

- Todos-Caminhos-Completos: requer que todos os caminhos completos sejam exercitados pelo menos uma vez.
  - Um caminho completo é um caminho P em que o primeiro nó de P é o nó inicial e o último nó de P é o nó final do grafo.

- Exemplo de elementos requeridos (programa identifier):
  - (1,2,3,4,8,10,11)
  - (1,2,3,4,5,7,4,5,7,4,8,10,11)
  - ...

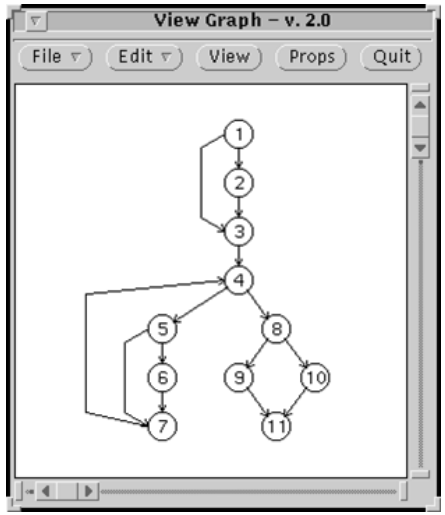


Técnica Estrutural
Critérios da Técnica Estrutural
Critérios de Fluxo de Controle
Critério Todos-Nós
Critério Todos-Arcos
Critérios Baseados em Caminhos
Critério Baseado na Complexidade
Resumo
Exercícios

Critérios Baseados em Caminhos

- Todos-Caminhos-Simples: requer que todos os caminhos simples sejam exercitados pelo menos uma vez.
  - Um caminho simples é formado por nós distintos, exceto possivelmente o primeiro e o último.

- Exemplo de elementos requeridos (programa identifier):
  - (1,2,3,4,8,10,11)
  - (4,5,6,7,4)
  - ...

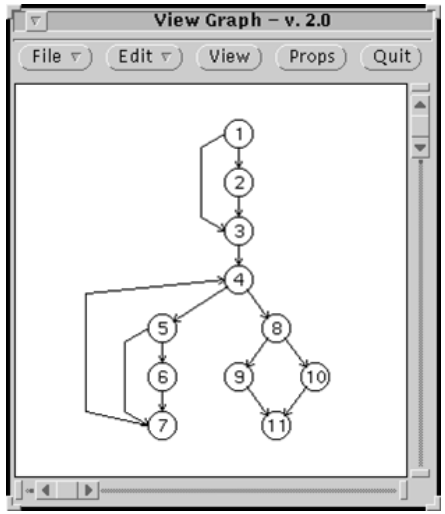


Técnica Estrutural
Critérios da Técnica Estrutural
Critérios de Fluxo de Controle
Critério Todos-Nós
Critério Todos-Arcos
Critérios Baseados em Caminhos
Critério Baseado na Complexidade
Resumo
Exercícios

Critérios Baseados em Caminhos

- Todos-Caminhos-Livre-Laços: requer que todos os caminhos livre de laço sejam exercitados pelo menos uma vez.
  - Um caminho livre de laço é um caminho simples em que todos os nós são distintos, inclusive o primeiro e o último.

- Exemplo de elementos requeridos (programa identifier):
  - (1,2,3,4,8,10,11)
  - (1,2,3,4,5,7)
  - ...



Técnica Estrutural
Critérios da Técnica Estrutural
Critérios de Fluxo de Controle
Critério Baseado na Complexidade
Cálculo da Complexidade Ciclomática
Criação do Conjunto de Caminhos Básicos
Resumo
Exercícios

Critério Baseado na Complexidade

- Conhecido como teste do caminho básico ou critério de McCabe
- Baseado no conceito de Complexidade Ciclomática, calculada a partir do GFC.
- A complexidade ciclomática define o número de caminhos independentes de um programa.
  - Um caminho independente é qualquer caminho que introduz no mínimo uma nova aresta ainda não atravessada pelos caminhos anteriores.

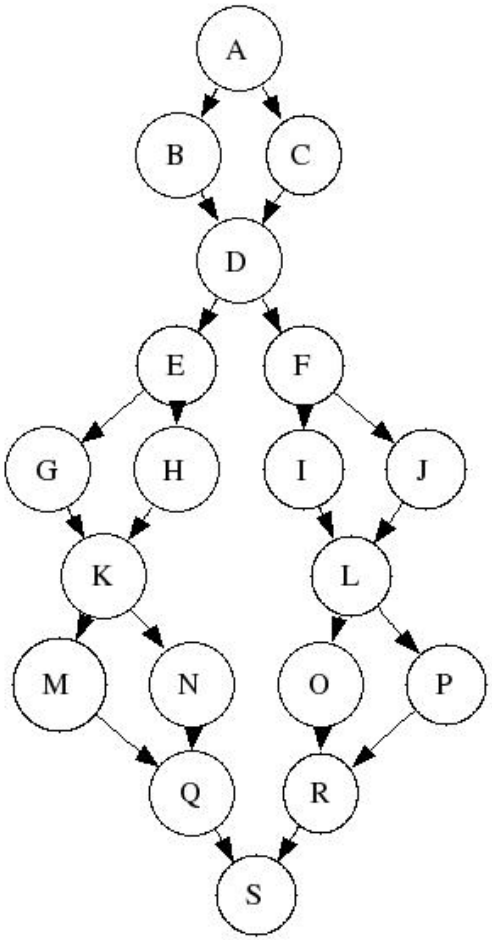
Técnica Estrutural
Critérios da Técnica Estrutural
Critérios de Fluxo de Controle
Critério Baseado na Complexidade
Cálculo da Complexidade Ciclomática
Criação do Conjunto de Caminhos Básicos
Resumo
Exercícios

Critério Baseado na Complexidade

- Passos para aplicação do critério:
  - Construir o GFC para o módulo do produto em teste.
  - Calcular a Complexidade Ciclomática ($\mathcal{C}$).
  - Selecionar um conjunto de $\mathcal{P}$ caminhos básicos.
  - Criar um caso de teste para cada caminho básico.
  - Executar os casos de testes.

Técnica Estrutural
Critérios da Técnica Estrutural
Critérios de Fluxo de Controle
Critério Baseado na Complexidade
Cálculo da Complexidade Ciclomática
Criação do Conjunto de Caminhos Básicos
Resumo
Exercícios

Cálculo da Complexidade Ciclomática



- Considere o GFC ao lado.
- McCabe define a Complexidade Ciclomática ($\mathcal{C}$) como:

$\mathcal{C}$ = arcos - nós +2

$\mathcal{C} = 24 - 19 + 2$

$\mathcal{C} = 7$

Técnica Estrutural
Critérios da Técnica Estrutural
Critérios de Fluxo de Controle
Critério Baseado na Complexidade
Cálculo da Complexidade Ciclomática
Criação do Conjunto de Caminhos Básicos
Resumo
Exercícios

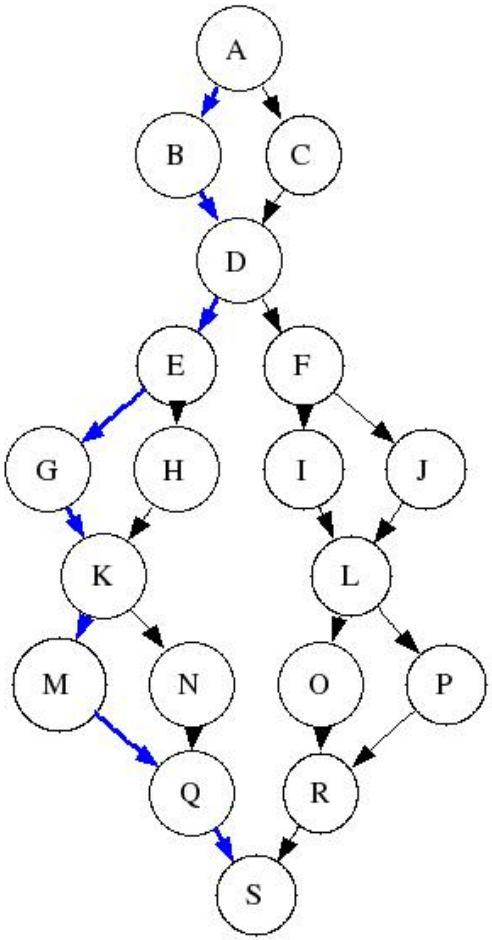
Cálculo da Complexidade Ciclomática

- Para um GFC com p decisões binárias (dois arcos saindo):

  $\mathcal{C} = p + 1$

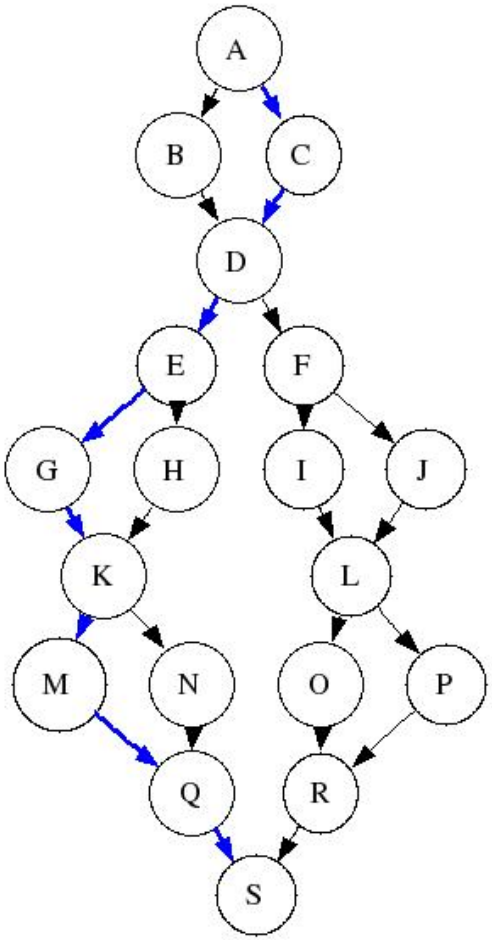
- Cada caminho básico percorre pelo menos um arco que ainda não foi percorrido.

Criação do Conjunto de Caminhos Básicos: Passo 1



- Escolha um caminho básico. Esse caminho pode ser:
  - Caminho mais comum.
  - Caminho mais crítico.
  - Caminho mais importante do ponto de vista de teste.
- Caminho 1: ABDEGKMQS

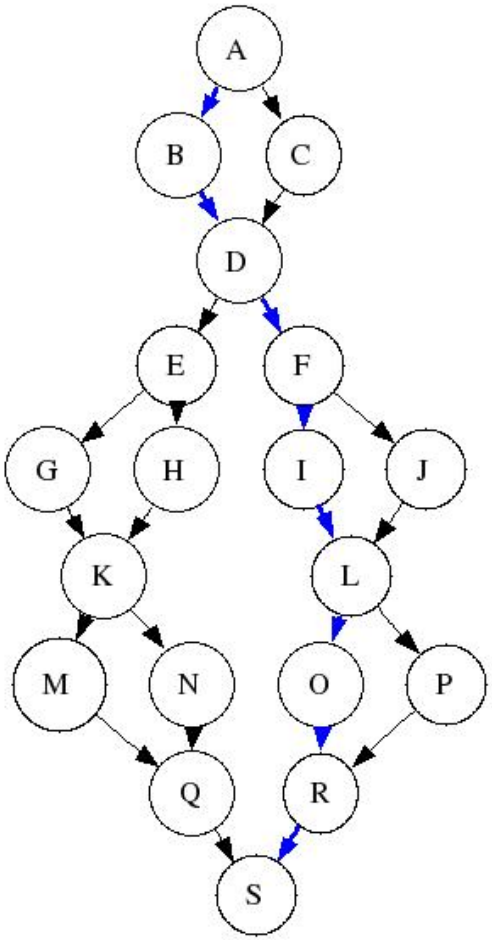
Criação do Conjunto de Caminhos Básicos: Passo 2



- Altere a saída do primeiro comando de decisão e mantenha o máximo possível do caminho inalterado.
- Caminho 2: ACDEGKMQS

Criação do Conjunto de Caminhos Básicos: Passo 3

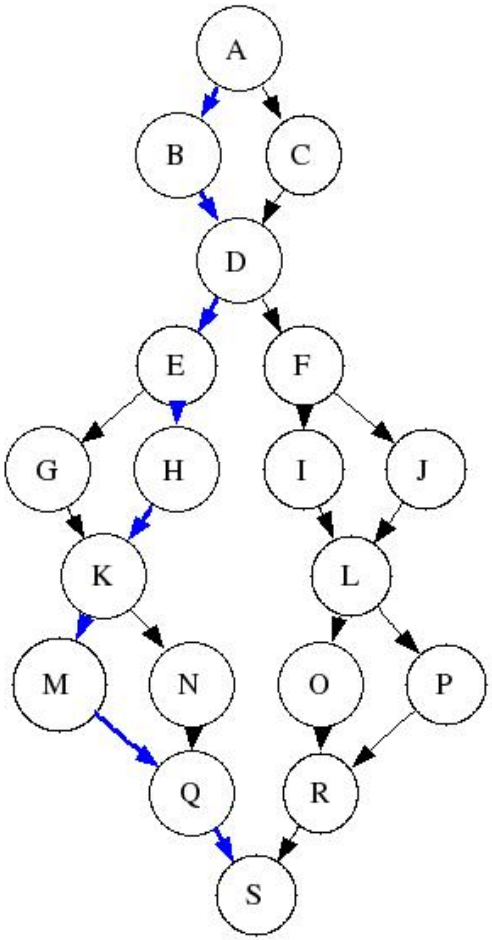
Técnica Estrutural
Critérios da Técnica Estrutural
Critérios de Fluxo de Controle
Critério Baseado na Complexidade
Cálculo da Complexidade Ciclomática
Criação do Conjunto de Caminhos Básicos
Resumo
Exercícios



- A partir do caminho básico alterar a saída do segundo comando de decisão.
- Caminho 3: ABDFILORS

Criação do Conjunto de Caminhos Básicos: Passo 4

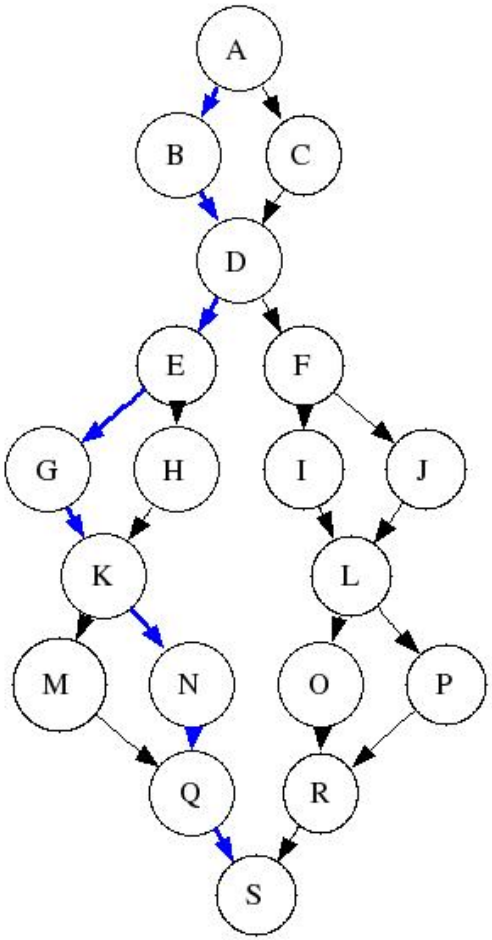
Técnica Estrutural
Critérios da Técnica Estrutural
Critérios de Fluxo de Controle
Critério Baseado na Complexidade
Cálculo da Complexidade Ciclomática
Criação do Conjunto de Caminhos Básicos
Resumo
Exercícios



- A partir do caminho básico alterar a saída do terceiro comando de decisão. Repetir esse processo até atingir o final do GFC.
- Caminho 4: ABDEHKMQS

Criação do Conjunto de Caminhos Básicos: Passo 5

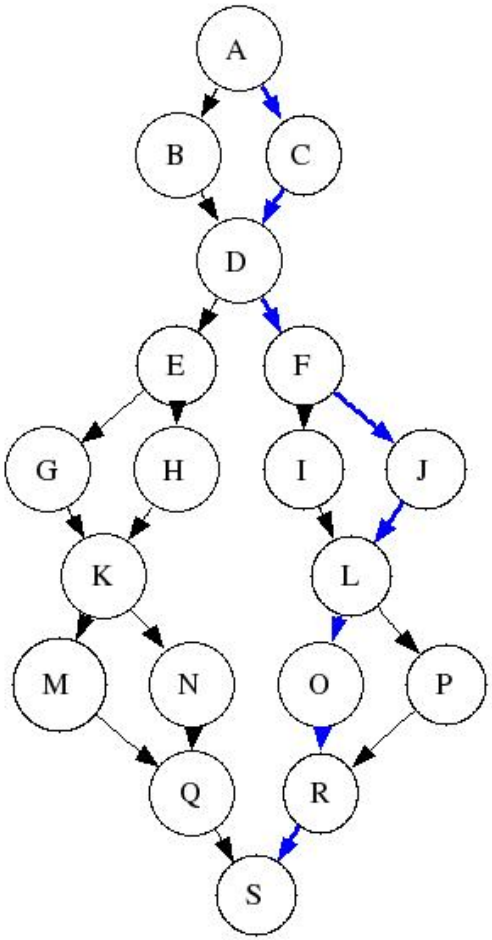
Técnica Estrutural
Critérios da Técnica Estrutural
Critérios de Fluxo de Controle
Critério Baseado na Complexidade
Cálculo da Complexidade Ciclomática
Criação do Conjunto de Caminhos Básicos
Resumo
Exercícios



- Continuação do passo anterior.
- Caminho 5: ABDEGKNQS

Criação do Conjunto de Caminhos Básicos: Passo 6

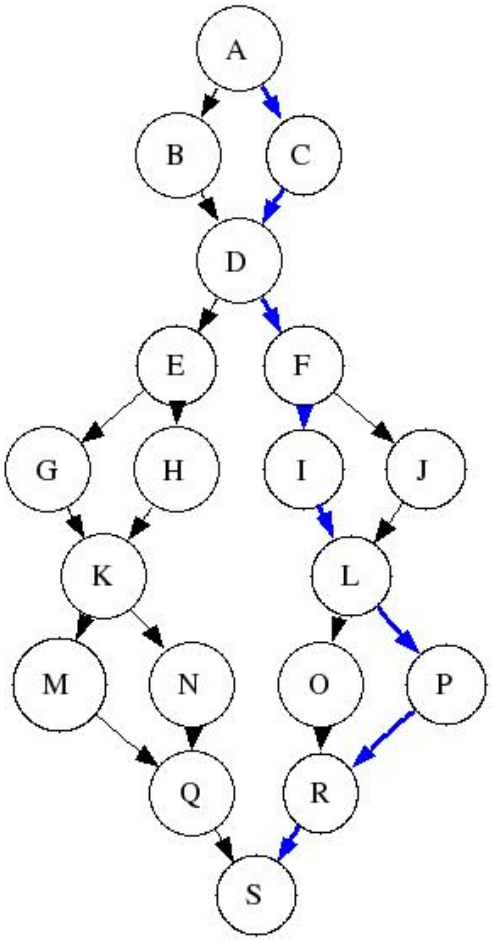
Técnica Estrutural
Critérios da Técnica Estrutural
Critérios de Fluxo de Controle
Critério Baseado na Complexidade
Cálculo da Complexidade Ciclomática
Criação do Conjunto de Caminhos Básicos
Resumo
Exercícios



- Todas as decisões do caminho básico foram contempladas.
- A partir do segundo caminho, fazer as inversões dos comandos de decisão até o final do GFC.
- Esse padrão é seguido até que o conjunto completo de caminhos seja atingido.
- Caminho 6: ACDFJLORS

Criação do Conjunto de Caminhos Básicos: Passo 7

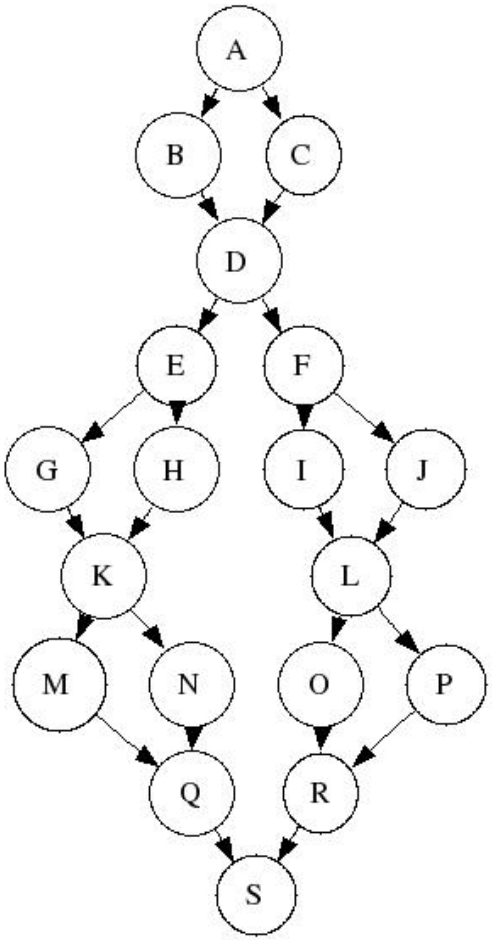
Técnica Estrutural
Critérios da Técnica Estrutural
Critérios de Fluxo de Controle
Critério Baseado na Complexidade
Cálculo da Complexidade Ciclomática
Criação do Conjunto de Caminhos Básicos
Resumo
Exercícios



- Continuação do passo anterior.
- Caminho 7: ACDFILPRS

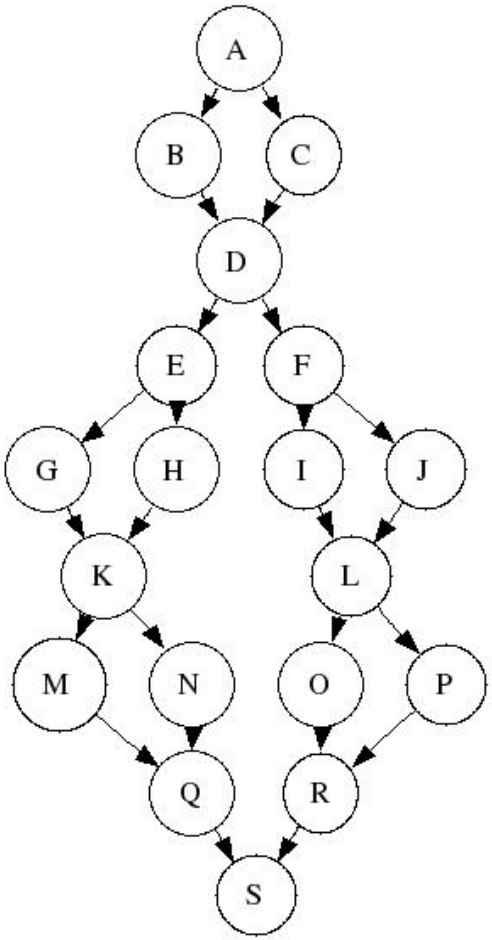
Técnica Estrutural
Critérios da Técnica Estrutural
Critérios de Fluxo de Controle
Critério Baseado na Complexidade
Cálculo da Complexidade Ciclomática
Criação do Conjunto de Caminhos Básicos
Resumo
Exercícios

Conjunto Completo de Caminhos Básicos



- Requisitos de testes derivado pelo critério:
  - ABDEGKMQS
  - ACDEGKMQS
  - ABDFILORS
  - ABDEHKMQS
  - ABDEGKNQS
  - ACDFJLORS
  - ACDFILPRS

Conjunto Completo de Caminhos Básicos



- Conjunto criado não é único.
- Propriedade: o conjunto de teste que exercita os caminhos básicos também exercita todos os nós e todos os arcos do programa.
  - Garante a cobertura dos critérios **todos-nós** e **todos-arcos**.

Técnica Estrutural
Critérios da Técnica Estrutural
Critérios de Fluxo de Controle
Critério Baseado na Complexidade
Resumo
Exercícios

Resumindo... Técnica Estrutural

- Critérios da técnica estrutural identificam caminhos que devem ser percorridos no código do programa.
- GFC é a base a partir do qual os requisitos de testes são derivados.

Resumindo... Critérios de Fluxo de Controle

- Critérios de Fluxo de Controle são a pedra fundamental do teste de unidade.
- Podem ser aplicados em todos os módulos do software, em especial, nos mais críticos.
- Exigem habilidades de programação do testador para compreender o fluxo de controle do programa.
- Podem consumir tempo e recursos significativos para sua aplicação.

Técnica Estrutural
Critérios da Técnica Estrutural
Critérios de Fluxo de Controle
Critério Baseado na Complexidade
Resumo
Exercícios

Resumindo... Critérios Baseados na Complexidade

- A complexidade ciclomática define o número mínimo de conjuntos de caminhos independentes livres de laço (caminho básico).
  - O conjunto de caminhos básicos inclui todos os nós e arcos do GFC.
  - Casos de testes que exercitem todos os caminhos básicos do conjunto também executam todos os comandos e todas as decisões do programa.

Exercícios de Fixação

SCE221 – Verificação, Validação e Teste
SCE702 – Teste e Inspeção de Software

Técnica Estrutural

Critérios da Técnica Estrutural

Critérios de Fluxo de Controle

Critério Baseado na Complexidade

Resumo

Exercícios

Exercício: Fluxo de Controle

Exercício: McCabe

Técnica Estrutural
Critérios da Técnica Estrutural
Critérios de Fluxo de Controle
Critério Baseado na Complexidade
Resumo
Exercícios
Exercício: Fluxo de Controle
Exercício: McCabe

Exercício: Fluxo de Controle

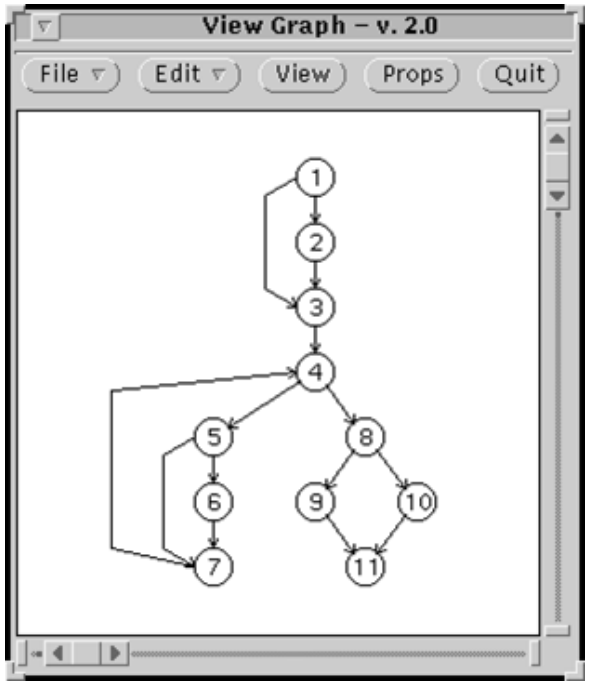
- Gerar casos de teste para executar todos os nós e todos os arcos do programa identifier.

```
/* 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 */     }
```

Técnica Estrutural
Critérios da Técnica Estrutural
Critérios de Fluxo de Controle
Critério Baseado na Complexidade
Resumo
Exercícios
Exercício: Fluxo de Controle
Exercício: McCabe

Exercício: McCabe

- Aplicar o critério de McCabe para o programa identifier e gerar os caminhos básicos.



Exercício: McCabe

- Solução:
  - $C = 5$
  - Caminhos básicos:
  - p1 = (1,2,3,4,5,7,4,8,9,11)
  - p2 = (1,3,4,5,7,4,8,9,11)
  - p3 = (1,2,3,4,8,9,11)
  - p4 = (1,2,3,4,5,6,7,4,8,9,11)
  - p5 = (1,2,3,4,5,7,4,8,10,11)