Especificação e Desenvolvimento de 'Software'

Mestrado em Informática + Curso de Especialização em Informática
Ano Lectivo de 1998/99

Exame (época normal) — 1 de Fevereiro de 1999
9h30
Sala do Mestrado

PROVA COM CONSULTA (3 horas)

Questão 1 Concorde ou discorde, justificando sumariamente, das seguintes afirmações sobre as técnicas de especificação formal estudadas nesta disciplina:

(a) No ciclo de vida de uma aplicação que se propôs, a etapa da prototipagem rápida é crucial por garantir, se cuidadosamente realizada, a correcção da especificação formal subjacente.

(b) O principal objectivo da especificação formal é o da certificação, por raciocínio, de propriedades desejáveis do desenho em curso.

(c) A especificação formal é inviável na prática por ser uma tecnologia inevitavelmente trabalhosa e cara.

Questão 2 Responda informal e sucintamente às alíneas seguintes:

1. Os seguintes quatro exemplos de representação da sequência $[a, b, c]$,

$$\begin{aligned} r_1 &= \begin{pmatrix} 1 & 2 & 3 \\ a & b & c \end{pmatrix} \\ r_2 &= \{a, b, c\} \\ r_3 &= \begin{pmatrix} 7 & 10 & 99 \\ a & b & c \end{pmatrix} \\ r_4 &= \begin{pmatrix} a & b & c \\ 1 & 2 & 3 \end{pmatrix} \end{aligned}$$

   sugerem outros tantos refinamentos $A^\star \trianglelefteq \ldots$ possíveis para sequências. Identifique o modelo de dados sugerido por cada exemplo e indique, através de contra-exemplos (*i.é* sequências não representáveis) aqueles que são falsas representações.

2. Por exclusão de partes, escolha a função que, de entre as seguintes,

$$[id, id] \tag{1}$$
$$[\langle \underline{\mathrm{T}}, id\rangle, \langle \underline{\mathrm{F}}, id\rangle] \tag{2}$$
$$[\langle \underline{\mathrm{T}}, \underline{\mathrm{F}}\rangle, id] \tag{3}$$
$$id + id \tag{4}$$

   estabelece o isomorfismo

$$2 \times A \quad \cong \quad A + A$$

   da direita para a esquerda.

Questão 3 Considere o seguinte modelo formal (muito!!) simplificado para uma base de dados de apuramento eleitoral:

$$\begin{aligned} Bd &= Freg \rightharpoonup Inscritos \times Apuramento \\ Inscritos &= I\!N \\ Apuramento &= Partido \rightharpoonup I\!N \end{aligned}$$

em que $Inscritos$ e $Partido$ são representados por 'strings'. Mostra-se a seguir um fragmento (idealizado) dessa base de dados, numa noite de eleições, tal como apareceria animado em CAMILA:

```
[ "S.Victor-Braga"->  < 1150, [ "CDS/PP"-> 100, "PS"-> 400, "PSD"-> 350, "CDU"-> 150 ]>,
  "Ucha-Barcelos"->   < 1030, [ "CDS/PP"-> 190, "PS"-> 590, "PSD"-> 290, "CDU"-> 110 ]>,
  "Paranhos-Porto"->  < 1270, [ "CDS/PP"-> 120, "PS"-> 450, "PSD"-> 370, "CDU"-> 110 ]>,
  "Vila Verde"->      < 1230, []>,
  "V.N.Foz-Coa"->     < 1010, [ "CDS/PP"-> 190, "PS"-> 330, "PSD"-> 390, "CDU"-> 70 ]>,
  "Anais-P.Lima"->    < 1450, []>
]
```

(Note-se que os dados de duas freguesias ainda não chegaram à base de dados.)

Solicitado a especificar a operação que realiza o apuramento total nacional, um técnico escreveu a seguinte especificação funcional,

$$Bd \xrightarrow{f_1} (a) \xrightarrow{f_2} (b) \xrightarrow{f_3} (c) \xrightarrow{f_4} (Partidos \rightharpoonup I\!N)$$

tendo desafiado os colegas a identificarem as funções f_1, f_2, f_3 e f_4, mostrando-lhes apenas o resultado da sua animação, tal como se segue:

Formato (a), após f_1:

```
[ "S.Victor-Braga"->  [ "CDS/PP"-> 100, "PS"-> 400, "PSD"-> 350, "CDU"-> 150 ],
  "Anais-P.Lima"->    [],
  "Vila Verde"->      [],
  "Paranhos-Porto"->  [ "CDS/PP"-> 120, "PS"-> 450, "PSD"-> 370, "CDU"-> 110 ],
  "V.N.Foz-Coa"->     [ "CDS/PP"-> 190, "PS"-> 330, "PSD"-> 390, "CDU"-> 70 ],
  "Ucha-Barcelos"->[ "CDS/PP"-> 190, "PS"-> 590, "PSD"-> 290, "CDU"-> 110 ]
]
```

Formato (b), após f_2:

```
[ < "CDS/PP","S.Victor-Braga"> -> 100,
  < "PS","S.Victor-Braga"> -> 400,
  < "PSD","S.Victor-Braga"> -> 350,
  < "CDU","S.Victor-Braga"> -> 150,
  < "CDS/PP","Paranhos-Porto"> -> 120,
  < "PS","Paranhos-Porto"> -> 450,
  < "PSD","Paranhos-Porto"> -> 370,
  < "CDU","Paranhos-Porto"> -> 110,
  < "CDS/PP","V.N.Foz-Coa"> -> 190,
  < "PS","V.N.Foz-Coa"> -> 330,
  < "PSD","V.N.Foz-Coa"> -> 390,
  < "CDU","V.N.Foz-Coa"> -> 70,
  < "CDS/PP","Ucha-Barcelos"> -> 190,
  < "PS","Ucha-Barcelos"> -> 590,
  < "PSD","Ucha-Barcelos"> -> 290,
  < "CDU","Ucha-Barcelos"> -> 11
]
```

Formato (c), após f_3:

```
[ "CDS/PP"->[ "S.Victor-Braga"-> 100, "Paranhos-Porto"-> 120, "V.N.Foz-Coa"-> 190, "Ucha-Barcelos"-
> 190 ],
  "PS"->[ "S.Victor-Braga"-> 400, "Paranhos-Porto"-> 450, "V.N.Foz-Coa"-> 330, "Ucha-Barcelos"-> 590 ],
  "PSD"->[ "S.Victor-Braga"-> 350, "Paranhos-Porto"-> 370, "V.N.Foz-Coa"-> 390, "Ucha-Barcelos"-> 290 ],
  "CDU"->[ "S.Victor-Braga"-> 150, "Paranhos-Porto"-> 110, "V.N.Foz-Coa"-> 70, "Ucha-Barcelos"-> 110 ]
]
```

Formato final $(Partidos \rightharpoonup I\!N)$, após f_4:

```
[ "CDS/PP"-> 600, "CDU"-> 440, "PS"-> 1770, "PSD"-> 1400 ];
```

Indique, justificando sumariamente, quais das seguintes funções escolheria para f_1, f_2, f_3 e f_4:

$$mkf \cdot \pi_2 \tag{5}$$
$$Partido \rightharpoonup mseSumRan \tag{6}$$
$$pcurry \tag{7}$$
$$\bowtie \tag{8}$$
$$(swap \rightharpoonup I\!N) \cdot unpcurry \tag{9}$$
$$Freg \rightharpoonup \pi_2 \tag{10}$$
$$Partido \rightharpoonup dom \tag{11}$$

Questão 4 Suponha que $A \rightharpoonup B$ representa o movimento em 1999 (B) de todas as contas (A) do banco X, e que $s \subseteq A$ é o conjunto das contas que virão a ser seleccionadas pelo gerente do banco X para receberem o prémio "TOP X 1999", que actualizará, em 31.12.99, o movimento de cada conta premiada de acordo com uma função $B \xrightarrow{f} B$.

Tendo-se iniciado a análise do pacote informático do "TOP X 1999", um dos analistas, que estudou métodos formais, escreveu apenas

$$\dagger \cdot \langle id, (A \rightharpoonup f) \cdot |_s \rangle$$

como especificação da operação que deve correr a 31.12.99 sobre $A \rightharpoonup B$.

Interprete a solução apresentada, convertendo-a para notação com variáveis, e responda (justificando) às perguntas seguintes: **(a)** que acontece se o gerente do banco tiver incluído em s contas que (já) não existem? **(b)** a que expressão é equivalente a especificação dada no caso de todas as contas vierem a ser premiadas? **(c)** e se o prémio fôr nulo?

Questão 5 Considere o seguinte texto que abrevia e simplifica os requisitos informais colocados por uma empresa comercial a uma empresa informática que a primeira contratou para lhe produzir determinado 'software':

> *A empresa* XYZ LDA. *consta de 3 estabelecimentos ou lojas de comércio, prevendo-se que este número venha a aumentar no futuro.*
>
> *A informação associada a cada loja consta de (a) o 'stock' de artigos armazenados ou expostos para venda (cada artigo tem um código próprio); (b) as folhas de vendas.*
>
> *Existe uma folha de venda por cada dia útil. Cada folha de venda regista as facturas emitidas nas vendas daquele dia. Cada factura indica os artigos vendidos e em que quantidade. As facturas são numeradas e emitidas sequencialmente. Pode haver facturas anuladas.*
>
> *O sistema a desenvolver deverá prever pelo menos as seguintes operações:*
>
> 1. *Emissão de factura — seu registo na folha de vendas e simultânea descarga, no 'stock', dos artigos vendidos.*
> 2. *Aquisição de mais 'stock' para uma dada loja.*
> 3. *Transferência de segmentos de 'stock' de loja para loja.*
>
> □

Suponha ainda que a implementação proposta pela empresa para este problema se baseia em 4 tabelas relacionais T_1 a T_4, sobre as quais se sabe o seguinte:

- T_1 — Indica o conjunto das lojas que estão com 'stock' vazio, na eventualidade de tal vir a acontecer.
- T_2 — É da forma $IdL \times IdA \rightharpoonup \mathbb{N}$, onde IdL (identificador de loja) e IdA (identificador de artigo) são tipos elementares atómicos.
- T_3 — É da forma $IdL \times NrFac \rightharpoonup Data$, onde $NrFac \cong \mathbb{N}$ (número de factura) e $Data$ é um tipo descritor de datas.
- T_4 — É da forma $IdL \times NrFac \times IdA \rightharpoonup \mathbb{N}$ e indica quais os artigos que foram vendidos em cada factura, e em que quantidades.

Sabendo que este software foi calculado a partir de uma especificação formal, conjecture o modelo de dados de que se partiu sabendo que se tratou de uma única função finita com domínio IdL.

---

*Anexo — Definição de operadores

$$\begin{array}{rcl} \langle f, g \rangle & : & C \longrightarrow A \times B \\ \langle f, g \rangle\, c & \stackrel{\text{def}}{=} & (f\, c, g\, c) \end{array} \quad (12)$$

$$\begin{array}{rcl} mkf & : & 2^{A \times B} \longrightarrow A \rightharpoonup B \\ mkf & \stackrel{\text{def}}{=} & \pi_1 \rightharpoonup \pi_2 \end{array} \quad (13)$$

$$\begin{array}{rcl} [f, g] & : & A + B \longrightarrow C \\ [f, g]\, x & \stackrel{\text{def}}{=} & \left\{ \begin{array}{lcl} x = i_1\, a & \Rightarrow & f\, a \\ x = i_2\, b & \Rightarrow & g\, b \end{array} \right. \end{array} \quad (14)$$

$$
\begin{array}{rcl}
A \rightharpoonup g & : & (A \rightharpoonup C) \longrightarrow (A \rightharpoonup D) \\
(A \rightharpoonup g)\, \sigma & \stackrel{\text{def}}{=} & \begin{pmatrix} a \\ g(\sigma\, a) \end{pmatrix}_{a \in \mathsf{dom}\, \sigma}
\end{array}
\tag{15}
$$

$$
\begin{array}{rcl}
\mathit{mseSumRan} & : & (A \rightharpoonup \mathbb{N}) \longrightarrow \mathbb{N} \\
\mathit{mseSumRan}\, \sigma & \stackrel{\text{def}}{=} & \sum_{a \in \mathsf{dom}\, \sigma} \sigma\, a
\end{array}
\tag{16}
$$

$$
\begin{array}{rcl}
\dagger & : & (A \rightharpoonup B) \times (A \rightharpoonup B) \longrightarrow (A \rightharpoonup B) \\
f \dagger g & = & f \setminus \mathit{dom}\, g \cup g
\end{array}
\tag{17}
$$

$$
\begin{array}{rcl}
\bowtie_n & : & A \rightharpoonup B \times (C \rightharpoonup D) \longrightarrow (A \rightharpoonup B) \times (A \times C \rightharpoonup D) \\
\bowtie_n & \stackrel{\text{def}}{=} & \bowtie \cdot \langle \pi_1, \dagger \cdot ((A \rightharpoonup \underline{(\quad)}) \times \mathit{pcurry}) \rangle
\end{array}
\tag{18}
$$

$$
\begin{array}{rcl}
\mathit{pcurry} & : & (A \times B) \rightharpoonup C \longrightarrow A \rightharpoonup (B \rightharpoonup C) \\
\mathit{pcurry}\, f & \stackrel{\text{def}}{=} & \begin{pmatrix} a \\ \begin{pmatrix} \pi_2\, p \\ f\, p \end{pmatrix}_{p \in \mathsf{dom}\, f \wedge (\pi_1\, p) = a} \end{pmatrix}_{a \in 2^{\pi_1} (\mathsf{dom}\, f)}
\end{array}
\tag{19}
$$

$$
\begin{array}{rcl}
\mathit{swap} & : & A \times B \longrightarrow B \times A \\
\mathit{swap} & = & \langle \pi_2, \pi_1 \rangle
\end{array}
\tag{20}
$$

$$
\begin{array}{rcl}
\mathit{unpcurry} & : & A \rightharpoonup (B \rightharpoonup C) \longrightarrow (A \times B) \rightharpoonup C \\
\mathit{unpcurry} & \stackrel{\text{def}}{=} & \lambda \sigma. \begin{pmatrix} (a, b) \\ (\sigma\, a) b \end{pmatrix}_{a \in \mathsf{dom}\, \sigma \wedge b \in \mathsf{dom}\, (\sigma\, a)}
\end{array}
\tag{21}
$$