



## Ficha de Trabalho Individual

Luís Soares Barbosa

### Sumário

Esta Ficha contém um conjunto de exercícios de âmbito e dificuldade variáveis que cobrem boa parte da matéria leccionada neste curso. Os exercícios deverão ser trabalhados individualmente e as respostas constituem matéria de avaliação. Apesar de os alunos serem convidados a abordar em conjunto estes problemas e de o docente estar disponível para esclarecer dúvidas e discutir as resoluções propostas, sublinha-se o carácter individual deste trabalho. Cada aluno deve apresentar a sua própria resolução, escrita à mão, de forma original, concisa e clara.

**Disciplina:** Métodos de Programação IV (2005-06)

**Docente** Luís Soares Barbosa, Departamento de Informática, Universidade do Minho

### Exercício A: Análise de Processos

Considere as seguintes definições em CCS:

$$Spec \triangleq in.\overline{out}.Spec$$

$$Sender \triangleq in.Transmit$$

$$Transmit \triangleq \overline{trans}.(ack_+.Sender + ack_-.Transmit)$$

$$Receiver \triangleq trans.Analyze$$

$$Analyze \triangleq \tau.\overline{out}.ack_+.Receiver + \tau.ack_-.Receiver$$

$$Protocol \triangleq \text{new } \{trans, ack_-, ack_+\} (Sender \mid Receiver)$$

1. Desenhe o diagrama de sincronização e o grafo de transição do processo *Protocol*.
2. Mostre ou refute a igualdade  $Spec \approx Protocol$ .

### Exercício B: Combinadores

Considere um operador  $\Delta_n$  cuja semântica operacional é dada pelas regras seguintes:

$$\frac{}{\Delta_n E \xrightarrow{\tau} \Delta_{n-1} E} \quad n > 0 \qquad \frac{E \xrightarrow{a} E'}{\Delta_n E \xrightarrow{a} E'} \quad n \geq 0$$

1. Indique sucintamente o seu propósito. De que forma pode obter o grafo de transições de  $\Delta_n E$  a partir do grafo correspondente de  $E$ ?
2. Que transições pode exibir o processo  $\Delta_0 E$ ? Justifique.
3. Será possível caracterizar uma família de processos  $E$  tal que  $\Delta_n E = E$ ?
4. Mostre ou refute que, para  $n \geq 0$ ,  $E \sim F$  implica  $\Delta_n E \approx \Delta_n F$ .
5. Que aconteceria se substituisse  $\approx$  por  $\sim$  no conseqüente da implicação discutida na alínea anterior?

### Exercício C: Equivalência Observacional

Considere a relação de *igualdade* entre processos ( $=$ ) estudada nas aulas e que tem a propriedade de ser uma congruência mesmo quando se aceitam como válidos processos definidos com somas arbitrárias.

1. Explique, por palavras suas, a intuição subjacente à definição desta relação e a sua relevância no cálculo de processos.
2. Mostre que  $=$  é a *maior* congruência contida em  $\approx$ .
3. Mostre por *dois* métodos distintos (e.g., raciocínio equacional e construção de uma bissimulação apropriada) que

$$\tau.P \mid Q \approx \tau.\tau.Q \mid P$$

### Exercício D: Expressividade

Considere as seguintes definições:

- Um processo  $P$  tem *imagem finita* se para cada  $s \in Act^*$  o conjunto das  $s$ -derivações de  $P$  for finito.
- Um conjunto de definições de processos em CCS  $\{P_i \triangleq Exp_i \mid 1 \leq i \leq n\}$  é dito *guardado* se todas as ocorrências de um identificador de processo  $P_j$  numa expressão  $Exp_k$  for guardada (i.e., ocorrer no âmbito de um prefixo).

Mostre que um processo  $P$  dado através de um conjunto de definições guardadas tem sempre imagem finita. Será o converso verdadeiro?

### Exercício E: Modelação em CCS

Especifique o comportamento de um elevador para um edifício de  $n$  andares respeitando os requisitos seguintes:

- Em cada andar existe apenas um botão de chamada; no interior o elevador dispõe de um botão por cada andar.
- As acções externas que o elevador deve reconhecer são apenas: abertura e fecho de portas e accionamento de qualquer dos botões acima mencionados.
- O elevador mantém sempre uma lista de pedidos correntes (registando o accionamento dos botões) que são satisfeitos ordenadamente.

Proponha uma especificação para o comportamento deste sistema. De seguida, proponha e estude optimizações ou generalizações deste problema. Considere, por exemplo, a existência de dois elevadores que dividem a carga entre si de forma a melhorar o desempenho do sistema.

## Exercício F: Modelação em $\pi$ -calculus

Um agente de impressão é um processo que recebe documentos para serem impressos e os canaliza para o processo que gere a impressora disponível. O agente detém acesso exclusivo à impressora, acesso que pode distribuir pelos seus clientes.

Suponha que existem dois clientes. Um deles pretende imprimir o documento  $D_1$  seguido de  $D_2$ , enquanto o outro pretende, de forma similar, imprimir  $E_1$  seguido de  $E_2$ . Especifique a arquitectura do sistema e a sua configuração inicial de modo a que as únicas combinações de tarefas de impressão possíveis sejam  $D_1, D_2$  e  $E_1, E_2$ , iniciadas por qualquer ordem. Qualquer outra combinação de tarefas não deve ser permitida.

Altere a especificação anterior de modo a considerar 3 clientes e 2 impressoras. Considere ainda o requisito: *sempre que um cliente termina a utilização da impressora o seu controlo sobre esta é transferido para o agente de impressão*. Justifique todas as decisões de projecto que tomar.

## Exercício G: Expressividade

Considere o processo

$$R(a, b, c) \triangleq !a \cdot b \cdot c$$

Codifique-o sem recurso ao operador de replicação e usando apenas recursão guardada. Note que, utilizando recursão arbitrária, o problema teria uma solução trivial:  $R(a, b, c) \triangleq a \cdot b \cdot c \mid R\langle a, b, c \rangle$ .

## Exercício H: $\pi$ -calculus

Um processo apresenta

$$E \xrightarrow{\bar{a}\text{new}u} E$$

como única transição. Isso significa que  $E$  deverá ser, de alguma forma, definido recursivamente. Um aluno sugeriu a seguinte definição:

$$E \triangleq \text{new } u \ A\langle a, u \rangle$$

onde  $A\langle a, u \rangle = \bar{a}\langle u \rangle \cdot A\langle a, u \rangle$ . Discuta se a solução faz ou sentido e proponha alternativas à definição de  $E$ .

## Exercício I: Semântica do $\pi$ -calculus

Mostre que

$$E \xrightarrow{a} E' \Rightarrow \text{fn}(E') \subseteq (\text{fn}(E) \cup \text{bn}(a))$$

Recorra a indução sobre o comprimento da inferência da transição indicada. Explique por que razão não será possível recorrer a indução sobre o comprimento do termo.

## Exercício K: Dois Artigos de Robin Milner

Na página web deste curso encontra cópias de dois artigos de Robin Milner sobre duas noções básicas em todo este curso: a de *interacção* [Mil93] e a de *nome* [Mil03]. O primeiro desses textos é exactamente a Lição proferida na recepção do *A. M. Turing Award*, o mais prestigiado prémio em Ciências da Computação, em 1991.

Leia atentamente esses artigos, discuta-os com os seus colegas e confronte-os com o que estudou neste curso. Escreva, depois, um pequeno texto (não superior a 3 páginas A4) onde apresente uma breve

síntese dos artigos e a sua reflexão pessoal sobre esta matéria e sua maior ou menor relevância para o desenvolvimento futuro da Informática, enquanto disciplina científica e fenómeno social. Não se limite a copiar frases dos artigos e, muito menos, a cultivar um estilo laudatório. Apenas o grau de compreensão da mensagem, o espírito crítico e a capacidade de controvérsia serão valorizados na análise de sua resposta.

## Exercício L: Álgebras de Processos *vs* REO

Assistiu, por certo, à palestra no Prof. Farhad Arbab nas JOIN'06 sobre o modelo de coordenação REO. Na página web deste curso encontra cópia de um artigo recentemente publicado sobre esse modelo [Arb04]. Após rever as suas notas da palestra e ler atentamente o artigo, responda:

1. O que é uma *linguagem de coordenação* e qual a sua relevância em Engenharia de Software?
2. O Prof. Arbab insistiu durante a sua palestra numa diferença fundamental entre REO e as álgebras de processos (como CCS ou  $\pi$ -calculus): segundo ele, as últimas baseiam-se no conceito de *acção* enquanto o primeiro adopta a noção de *interacção* como elemento de primeira classe. Explique detalhadamente esta afirmação e discuta a importância prática desta diferença de abordagens.
3. Poderá CCS ou  $\pi$ -calculus ser usado como base para uma linguagem deste tipo? Substancie a sua resposta mostrando como poderia codificar em CCS os diversos tipos de *canais* considerados no artigo e as operações que em REO permitem agregar canais para construir conectores mais sofisticados.
4. Modele em CCS ou  $\pi$ -calculus os conectores *exclusive router* e *shift-lossy FIFO1* apresentados no artigo.

## Referências

- [Arb04] F. Arbab. Reo: a channel-based coordination model for component composition. *Mathematical Structures in Comp. Sci.*, 14(3):329–366, 2004.
- [Mil93] R. Milner. Elements of interaction (Turing Award Lecture). *Communications of the ACM*, 36(1):78–89, 1993.
- [Mil03] R. Milner. What's in a name? (in honour of Roger Needham). University of Cambridge, 2003.