LEIC/LETI – 2023/24 – 2º Exame de Sistemas Operativos
2 de Fevereiro de 2024, Duração: 2h00m

- Responda na **folha das respostas**, apenas no espaço fornecido. Use exclusivamente letras maiúsculas nas respostas. **Identifique a folha de resposta com número de aluno e nome legíveis.**
- Nas perguntas de escolha múltipla existe apenas uma resposta certa. Para cada pergunta pode selecionar zero ou uma opções. A nota é calculada pelas opções que escolher na sua resposta, da seguinte forma:
  - Zero opções corresponde a zero valores.
  - Uma opção correcta corresponde à cotação total da pergunta. Uma opção errada desconta 1/3 da cotação da pergunta.
  - Inserir mais do que uma opção, anula a pergunta.
  - Nas perguntas que estiverem assinaladas como "sem desconto" serão dados zero valores a respostas erradas contendo uma opção ou mais opções erradas.

Grupo 1 - Sistemas de Ficheiros [2,8 val.]

1) [1 v.] Considere que o tamanho do ficheiro `/tmp/a.exe` é de 2Kbytes num sistema de ficheiros ext3 com blocos de 512 bytes. Após a execução do programa seguinte, qual destas alterações do ficheiro `/tmp/a.exe` se verifica?

```
// ...includes omitidos...
// STDOUT_FILENO está definido como 1
#define BUFFSZ 1024

void main() {
  char buff[BUFFSZ];
  memset(buff, 'a', BUFFSZ); //enche buff com BUFFSZ caracteres 'a'
  int fd = open("/tmp/a.exe", O_RDWR | O_APPEND);
  close(STDOUT_FILENO);
  dup(fd);
  close(fd);
  write(STDOUT_FILENO, buff, BUFFSZ);
}
```

A. O tamanho do ficheiro fica com 3 KB.
B. A hora de criação é actualizada para a hora actual.
C. O número de blocos fica com o valor 2.
D. Não se pode escrever para um ficheiro executável.

2) [0,6 v.] Qual destas afirmações acerca dos *inodes* no ext3 é **falsa**:

A. O número de blocos de dados é igual ao número de entradas diretas no *inode*.
B. O número de *hard links* que podem existir num sistema de ficheiro ext3 pode ultrapassar o número de *inodes* existentes.
C. Os *inodes* contêm as permissões do ficheiro.
D. O número de ficheiros e diretórios distintos que podem existir num sistema de ficheiros ext3 não pode ultrapassar o número de *inodes* existentes.

3) [0,6 v.] No EXT3, se o tamanho de bloco for 8KB e as referências para os blocos ocuparem 32 bits, quantos blocos de disco são utilizados para armazenar as referências para os blocos de um ficheiro de tamanho 64KB? Na conta, excluir o espaço ocupado em disco pelo inode do ficheiro.

A. 4
B. 3
C. 2
D. Nenhuma das respostas anteriores.

4) [0,6 v.] Qual das seguintes afirmações sobre a chamada de sistema `open` é **verdadeira**:
   A. A chamada de sistema `open` necessita que sejam sempre indicados o *path* do ficheiro e as permissões do ficheiro.
   B. A chamada de sistema `open` abre um *pipe* para leitura sincrona.
   C. A chamada de sistema `open` necessita que seja indicado o nome do ficheiro e o modo de abertura.
   D. A chamada de sistema `open` devolve um descritor de ficheiro inteiro representando a posição do cursor do ficheiro.

Grupo 2 - Processos e Tarefas [3,1val.]

1. [1 v.] Considere este programa:

```
//...includes omitidos…

int main(int argc, char **argv) {
     int pid=42;

     if (argc < 2) return 1;
     printf("%d", pid);
     pid=fork();
     printf("%d", pid);
     pid=fork();
     printf("%d", pid);
}
```

Assumindo que o processo inicial tem o identificador de processo 42, num sistema real, qual é a afirmação **verdadeira**:
   A. A variável pid é impressa 3 vezes, uma vez com valor 0 e duas vezes com valores impossíveis de prever.
   B. A variável pid é impressa 5 vezes, 3 vezes com o valor 0, uma vez com o valor 42 e outra vez com o valor 43.
   C. A variável pid é impressa 7 vezes, 3 vezes com o valor 0, 1 vez com o valor 42, e três vezes com valores impossíveis de prever.
   D. A variável pid é impressa 7 vezes, 2 vezes com o valor 42, 2 vezes com o valor 0, uma vez com o valor 43 e uma vez com um valor impossível de prever.

2. [0,6 v.] Qual das seguintes afirmações é **falsa** acerca do bit setuid quando aplicado a um ficheiro executável num sistema operativo Unix?
   A. O executável corre com os privilégios do dono do ficheiro.
   B. A alteração do bit setuid não requer privilégios de superutilizador.
   C. O bit setuid para o dono do ficheiro é alterado com a chamada de sistema `setuid g+s <nome-ficheiro>`.
   D. O bit setuid altera o *effective user id* dos utilizadores que executam o executável em causa.

3. [0,75 v.] Pretende-se desenvolver um programa que recebe os seguintes argumentos (de linha de comando):
   `executável arg1 arg2 ... argn`
   Ao receber os argumentos acima, o ficheiro executável indicado no 1º argumento deve ser executado com cada um dos argumentos seguintes, de forma sequencial. Ou seja:
   `executável arg1`
   `executável arg2`
   `...`
   `executável argn`

Considere a seguinte implementação deste programa:

```
int main(int argc, char **argv) {
  int p = 1;
  for (int i=2; i<argc; i++) {
      if (p != 0) {
            exec(argv[1], argv[1], argv[i], NULL);
      }
      p = fork();
  }
  exit(EXIT_SUCCESS);
}
```

Assuma que o programa é chamado com os seguintes argumentos: **`./xpto a b c`**
O comportamento observado será o que está especificado acima, supondo que todas as chamadas **`exec`** sejam bem sucedidas?

A. Sim.
B. Não. Haverá multiplas cópias de xpto com cada um dos argumentos (a,b,c).
C. Não, pois só executará o primeiro exec ("./xpto a") e não executará os restantes.
D. Não, pois a função exec só pode ser chamada depois de uma chamada a **`fork`**.

4. [0,75 v.] Considere este programa:

```
int a=0;

void *threadFn(void *arg) {
     usleep(10); //dormir 10 microsegundos
     a++;
           ...
}

int main (void) {
    pthread_t tid[3];

    for (i=0; i< 3; i++){
         if(pthread_create (&tid[i], 0, threadFn, NULL)< 0) { ... }
         printf("T:%d\n", a);
     }
}
```

Qual destes outputs **não** pode ser produzido pelo programa?

A. T:0
T:1
T:1

B. T:0
T:1
T:2

C. T:0
T:1
T:3

Indique **D.** caso todos os outputs anteriores sejam possíveis.

Grupo 3 - Exclusão Mútua [1,8 val.]

1. [0,6 v.] Qual das seguintes afirmações sobre as implementações da abstração do semáforo é **falsa**:
   A. Um semáforo inicializado a 1 pode ser utilizado com a mesma semântica de um trinco.
   B. A chamada à função *esperar* necessita de ser implementada dentro do núcleo do sistema operativo para os semaforos serem mais eficientes.
   C. As chamadas à função assinalar de um semáforo nunca são bloqueantes.
   D. Um semáforo é inicializado a um dado valor e nunca pode subir acima desse valor.

2. [0,6 v.] No caso de um processo Unix que corra um programa com frequentes acessos a trincos, optar entre um trinco com espera bloqueante e um trinco com espera ativa tem algum impacto nas prioridades calculadas pelo escalonador Unix? Escolha a opção **verdadeira**.
   A. Com trincos de espera bloqueante, as tarefas que tentam aceder sem sucesso ao trinco tenderão a ficar mais prioritárias.
   B. Com trincos de espera activa, as tarefas que acedem com sucesso ao trinco tenderão a ficar mais prioritárias.
   C. O tipo de espera (bloqueante ou ativa) não tem qualquer impacto nos cálculos da prioridade pelo escalonador.
   D. Com trincos de espera bloqueante, a prioridade das outras tarefas com acesso ao trinco tenderá a subir.

3. [0,6 v.] Qual das seguintes afirmações é **verdadeira** acerca das soluções do problema do jantar dos filósofos apresentadas nas aulas teóricas:
   A. Com a utilização do mecanismo de recuo aleatório, a sincronização baseada em `try_lock()` pode produzir situações de interblocagem *(deadlock)*.
   B. A utilização do mecanismo de recuo aleatório visa evitar, pelo menos probabilisticamente, que a sincronização baseada em `try_lock()` possa sofrer de míngua (*livelock)*.
   C. O mecanismo baseado em `try_lock()` é sempre mais eficiente do que a sincronização baseada na utilização ordenada de um conjunto de locks através da chamada `lock()`.
   D. As afirmações acima são todas falsas.

Grupo 4 - Semáforos e variáveis de condição [3,8 val.]

1. [2 v., sem desconto] Complete a seguinte implementação das funções de entrada e saída de um trinco especial que diferencia entre tarefas de duas categorias, A e B, só permitindo o acesso a tarefas de umas das categorias de cada vez mas permitindo que multiplas tarefas da mesma categoria usem a secção critica simultaneamente.

   Notas:

   - catA_dentro e catB_dentro são variáveis que contam as tarefas de cada categoria dentro da secção critica.

   - catA_em_espera e catB_em_espera são variaveis que contam as tarefas de cada categoria a aguardar entrada na secção critica.

   - categoria_dentro indica qual a categoria na secção critica.

   - sem_catA e sem_catB são semaforos.

   Indique na folha de respostas, para as instruções marcada a negro no código que se segue, qual a linha de código que devem ser colocadas nessa posição do programa.

```
#define A 0
#define B 1
#define LIVRE -1
int categoria_dentro = LIVRE;
int catA_dentro=0; int catB_dentro=0;
int catA_em_espera= 0; int  catB_em_espera=0;
pthread_mutex_t secCritica = PTHREAD_MUTEX_INITIALIZER;
sem_t sem_catA, sem_catB; //assuma que ambos os semáforos são inicializados a 0

entrar_A() {
       pthread_mutex_lock(&secCritica);
       if ( categoria_dentro==B ) {
         catA_em_espera++;
       pthread_mutex_unlock(&secCritica);
       1. sem_wait(&sem_catA);
       pthread_mutex_lock(&secCritica);
       categoria_dentro = A;
         if (catA_em_espera > 0) {
           catA_dentro++;
           catA_em_espera--;
           2. sem_post(&sem_catA);
         }
       } else {  categoria_dentro = A; catA_dentro++; }
       pthread_mutex_unlock(&secCritica);
}

sair_A() {
       pthread_mutex_lock(&secCritica);
       catA_dentro--;
       if (catA_dentro == 0 && catB_em_espera > 0){
         3. sem_post(&sem_catB);
         categoria_dentro = B;
         catB_espera--;
       } else if (catA_dentro == 0 && catB_em_espera == 0) {
            categoria_dentro = LIVRE;
       }
       pthread_mutex_unlock(&secCritica);
}

entrar_B() {
       pthread_mutex_lock(&secCritica);
       if (categoria_dentro==A ) {
         catB_em_espera++;
         pthread_mutex_unlock(&secCritica);
         4. sem_wait(&sem_catB);
         pthread_mutex_lock(&secCritica);
         categoria_dentro = B;
         if (catB_em_espera > 0) {
           catB_dentro++;
           catB_em_espera--;
          5. sem_post(&sem_catB);
         }
       } else { categoria_dentro = B; catB_dentro++; }
       pthread_mutex_unlock(&secCritica);
}

sair_B() {
       pthread_mutex_lock(&secCritica);
       catB_dentro--;
       if (catB_dentro == 0 && catA_em_espera > 0){
         6. sem_post(&sem_catA);
         categoria_dentro = A;
         catA_em_espera--;
       } else if (catB_dentro == 0 && catA_em_espera == 0) {
            categoria_dentro = LIVRE;
       }
       pthread_mutex_unlock(&secCritica);
}
```

2. [1,8 v. sem desconto] Pretende-se implementar uma simulação de uma cadeia de produção na qual se representam três entidades através de tarefas:
   - Uma tarefa que simula uma fábrica de peças (Fábrica) que produz peças individuais para montagem. A tarefa produz continuamente 5 peças a cada 10 segundos e passa-as para uma tarefa montador, se o montador tiver espaço disponível para armazenar peças individuais. A fábrica deve bloquear-se (por ex. em **`montadorIndivCond`**) se não houver espaço de armazenamento de peças individuais.
   - Uma tarefa que simula o funcionamento de um montador (Montador). O montador tem uma capacidade limitada de armazenamento de peças individuais e de produtos. O montador converte, a cada 2 segundos 2 peças individuais num *produto* obtido montando as 2 peças individuais. O armazém deve bloquear-se (por ex. em **`montadorIndivCond`** e/ou em **`montadorProdCond`**) se não houver peças individuais ou espaço para armazenar produtos.
   - Um conjunto de tarefas que simulam oficinas de pintura (Oficina). Cada oficina retira um produto do montador, pinta-o e, 2 segundos depois, vai buscar um novo produto continuamente. O sistema não simula o que acontece aos produtos depois de pintados. As oficinas devem bloquear-se (por ex. em **`oficinasCond`**) se não houver produtos para pintar.

Para isso indique na folha de respostas, para as instruções marcada a negro no código que se segue, qual a instrução da lista abaixo que deve ser usada.

```
A. pthread_cond_signal(&montadorIndivCond);
B. pthread_cond_broadcast(&montadorIndivCond);
C. pthread_cond_wait(&montadorIndivCond, &mutex);
D. pthread_cond_signal(&montadorProdCond);
E. pthread_cond_broadcast(&montadorProdCond);
G. pthread_cond_wait(&montadorProdCond, &mutex);
M. pthread_cond_signal(&oficinasCond);
S. pthread_cond_broadcast(&oficinasCond);
T. pthread_cond_wait(&oficinasCond, &mutex);
```

```
#define LIM_MONTADOR_INDIV 100
#define LIM_MONTADOR_PROD 100

pthread_mutex_t mutex = PTHREAD_MUTEX_INITIALIZER;
pthread_cond_t montadorIndivCond = PTHREAD_COND_INITIALIZER;
pthread_cond_t montadorProdCond = PTHREAD_COND_INITIALIZER;
pthread_cond_t oficinasCond = PTHREAD_COND_INITIALIZER;
int pecasMontadorIndiv = 0, produtosMontador  = 0;

void *Fabrica(void *arg) {
    while (1) {
        sleep(10);
        pthread_mutex_lock(&mutex);
        while (pecasMontadorIndiv > LIM_MONTADOR_INDIV-5) {
            1. pthread_cond_wait(&montadorIndivCond, &mutex);
        }
        pecasMontadorIndiv += 5;
        printf("Fabrica produziu 5 unid.\n Total: %d\n", pecasMontadorIndiv);
        2. pthread_cond_signal(&montadorIndivCond);
        pthread_mutex_unlock(&mutex);
  }
}

void *Montador(void *arg) {
    while (1) {
        pthread_mutex_lock(&mutex);
        while ( pecasMontadorIndiv < 2) {
            3. pthread_cond_wait(&montadorIndivCond, &mutex);
        }
        while ( produtosMontador == LIM_MONTADOR_PROD ) {
            4. pthread_cond_wait(&montadorProdCond, &mutex);
        }
        pecasMontadorIndiv -= 2;
        produtosMontador += 1;

      printf("Armazem emparelhou 2 peças\nArmazem indiv: %d, produtos:%d\n",
                pecasMontadorIndiv, produtosMontador);

        if (pecasMontadorIndiv <= LIM_MONTADOR_INDIV-5) {
            5. pthread_cond_signal(&montadorIndivCond);
        }
        if (produtosMontador == 1) {
            6. pthread_cond_signal(&oficinasCond);
        }
       pthread_mutex_unlock(&mutex);
        sleep(2);
  }
}

void *Oficina(void *arg) {
  while (1) {
    pthread_mutex_lock(&mutex);
    while (produtosMontador == 0) {
      7. pthread_cond_wait(&oficinasCond, &mutex);
    }
    produtosMontador -=1;
    printf("A oficina pintou um produto\n");
      if (produtosMontador == LIM_MONTADOR_PROD-1) {
      8. pthread_cond_signal(&montadorProdCond);
    }
    pthread_mutex_unlock(&mutex);
    sleep(2);
  }
}
```

Grupo 5 - Signals [1,30 val.]

1. [0,6 v.] Qual das seguintes afirmações sobre os *signals* é **falsa**?
   A. Não é seguro utilizar **`printf`** e **`scanf`** num *signal handler*.
   B. Dependendo da implementação utilizada (p.ex., System V ou BSD) pode tornar-se necessário voltar a reassociar a rotina do tratamento do *signal* dentro do próprio *signal handler*.
   C. Os *signals* permitem o envio de mensagens arbitrárias entre processos.
   D. É possível redefinir o tratamento de apenas um subconjunto dos *signals* existentes.

2. [0,7 v.] Considere o seguinte programa:

```
void sigHandler (int s) {
      char c;
      read(0,&ch,1);
      if (ch == 'Y') exit(0);
      else {
            signal (SIGINT, sigHandler); }
      }

int main () {
signal (SIGINT, sigHandler);
      for (;;)
            pause();
}
```

Qual destas afirmações é **falsa**?
A. Este programa permite evitar que, ao carregar nas teclas CTRL-C, o programa seja terminado.
B. Este programa está escrito supondo a utilização numa plataforma cuja implementação do mecanismo dos *signals* tem semântica System V.
C. Este programa efetua espera ativa enquanto não são entregues *signals*.
D. Este programa pode ser terminado repentinamente caso esteja a correr numa plataforma com semântica System V para os *signals* e se carregar nas teclas CTRL-C duas vezes de seguida.

Grupo 6 - *Pipes* e Escalonamento [3,9 val.]

1. [0,6 v.] Qual das seguintes afirmações sobre *pipes* e FIFOs (ou *pipes* com nomes) é **verdadeira**?
   A. Os FIFOs só podem ser usados para comunicação entre processos relacionados hierarquicamente (por exemplo pai e filho).
   B. Os FIFOs são identificados por nomes de ficheiros.
   C. Os *pipes* oferecem dois canais uniderecionais enquanto os FIFOs expõem um canal bidirecional.
   D. A abertura de um *pipe* é idêntica à de um ficheiro.

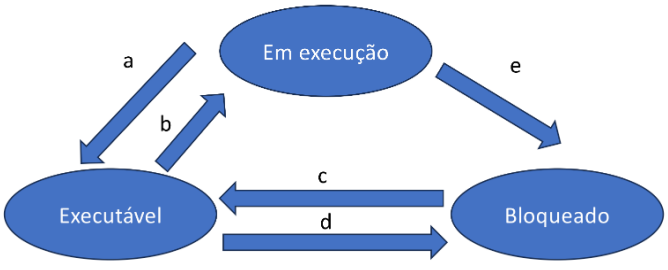
2. [0,6 v.] Qual das seguintes afirmações é **verdadeira**:
   A. O núcleo do sistema operativo é ativado apenas caso seja invocada uma *system call*.
   B. Um núcleo monolítico é mais eficiente do que um núcleo que utiliza múltiplas camadas com níveis de proteção diferente.
   C. O mecanismo de preempção visa evitar que os processos menos prioritários perdam o processador frequentemente demais quando existem muitos processos mais prioritários.
   D. A utilização de duas pilhas, uma para o núcleo e outra para as aplicações, visa aumentar a eficiência do sistema, reduzindo o custo de comutação de processos.

3. [0,6v] Qual das seguintes afirmações é **verdadeira**:
   A. No Unix o núcleo corre com prioridades positivas.
   B. No Unix prioridades numéricas negativas correspondem a prioridade altas.
   C. No Unix, a prioridade dos processos é calculada só depois de todos os processos executáveis terem tido uma oportunidade de correr.
   D. No Unix, todos os utilizadores podem aumentar a prioridade dos próprios processos se especificar valores negativos como *input* para a *system call* `nice`.

4. [0,75 v.] Numa execução do algoritmo CFS supõe-se que: existam 10 processos executáveis que nunca bloqueiam; *minimum granularity* e *targeted scheduling latency* sejam configurados com 1ms e 20ms, respeitivamente. Qual é a efetiva latência de escalonamento deste sistema:
   A. 10 msec
   B. 20 msec
   C. 1 msec
   D. Nenhuma das respostas anteriores

5. [0,75 v.] Considere o mesmo sistema da pergunta anterior, mas que existam 50 processos executáveis que nunca bloqueiam. Qual é a efetiva latência de escalonamento deste sistema:
   A. 10 msec
   B. 20 msec
   C. 50 msec
   D. Nenhuma das respostas anteriores

6. [0,6 v.] Considere o seguinte diagrama de transições de estado de processos. Indique qual das transições representadas **não existe** no sistema Unix:



A. transição **a**
B. transição **c**
C. transição **d**
D. transição **e**

Grupo 7 - Gestão de Memória [3,3 val.]

1. Considere um sistema com uma arquitectura paginada de memória virtual de 32 bits. Neste sistema, cada endereço virtual é dividido em 20 bits (menos significativos) de **deslocamento** e 12 bits de **base** (mais significativos).

a) [0.6 v.] Qual a dimensão das páginas deste sistema?
A. 2^12 bytes
B. 2^20 bytes
C. 4k bytes
D. Nenhuma das respostas anteriores é correta.

b) [0,6 v.] Quantas linhas pode ter no máximo a tabela de páginas de um dado processo?
A. 2^12 linhas
B. 2^20 linhas
C. 2^8 linas
D. Nenhuma das respostas anteriores é correta.

c) [0,6 v.] Escolha a afirmação **correcta**.
A. Em sistemas baseados em paginação não pode haver fragmentação interna.
B. Em sistemas baseados em paginação não pode haver fragmentação externa.
C. Em sistemas baseados em segmentação não pode haver fragmentação interna.
D. Nenhuma das respostas anteriores é correta.

2. [1,5 v.] Considere um sistema de memória paginada, com um único nível de paginação, em que cada página tem 4K. Mais precisamente, o formato do endereço é:

Página (20 bits)	Deslocamento (12 bits)

Considere que um processo começa a sua execução, que a TLB está limpa e que todas as páginas acedidas pelo processo se encontram carregadas em memória principal. Considere a seguinte sequência de acessos a endereços virtuais (todos os endereços estão em hexadecimal):

1. 0x32002A5C; TLB_HIT: N; Num. Acessos RAM para tradução: 1
2. 0x3100B65D ; TLB_HIT: N; Num. Acessos RAM para tradução: 1
3. 0x320022AA; TLB_HIT: S; Num. Acessos RAM para tradução: 0
4. 0x32002BF3; TLB_HIT: S; Num. Acessos RAM para tradução: 0
5. 0x3100B432; TLB_HIT: S; Num. Acessos RAM para tradução: 0
6. 0x3100B372; TLB_HIT: S, Num. Acessos RAM para tradução: 0
7. 0x3000C70E; TLB_HIT: N; Num. Acessos RAM para tradução: 1
8. 0x3100B66B; TLB_HIT: S; Num. Acessos RAM para tradução: 0
9. 0x32002800; TLB_HIT: S; Num. Acessos RAM para tradução: 0
10. 0x30000FBA; TLB_HIT: N; Num. Acessos RAM para tradução: 1

Supondo que exista uma TLB completamente associativa com 32 entradas de capacidade. Para cada acesso indique se há um *hit* na TLB e quantos acessos à RAM são necessários para a tradução do endereço.