SEGUNDA PROVA DE PRINCÍPIOS DE DESENVOLVIMENTO DE ALGORITMOS
BCC, 2o. SEMESTRE DE 2006

Instruções:

1. Não destaque as folhas do caderno de soluções.
2. A prova pode ser feita a lápis. Cuidado com a legibilidade.
3. Não é permitido o uso de folhas avulsas para rascunho.
4. Não é necessário apagar rascunhos no caderno de soluções.
5. Asserções imprecisas valem pouco. Justifique suas asserções (dentro do razoável!).

1. [4 pontos] Nesta questão, supomos que temos

```
typedef struct node *link;
struct node { int item; link next; };
```

Ademais, supomos que nossas listas não tem cabeça nem cauda. Considere a função recursiva

```
link delete(link x, int v)
  { if (x == NULL) return NULL;
    if (x->item == v)) { link t = x->next; free(x); return delete(t, v); }
    x->next = delete(x->next, v);
    return x;
  }
```

(*i*) Suponha que `x` aponta para a primeira célula de uma lista cujas células contêm os inteiros $22, 77, 11, 88, 22, 88, 11$, nesta ordem. Diga exatamente o efeito da chamada `x = delete(x, 11)` (não é necessário "simular" a execução da função; basta você descrever o resultado precisamente), mas justifique como você chegou em sua resposta.

(*ii*) Escreva uma função **recursiva** que remove a **última** célula com item `v` (se existe tal célula; se não existe, sua função deve devolver a lista inalterada). Sua solução deve ter tempo de execução $O(n)$ para listas com n células. Você pode escrever uma função de protótipo

```
link delete(link x, int v)
```

que chama a função recursiva `deleteR()`, com protótipo adequado para implementar a recursão.

(*iii*) Escreva uma função recursiva de protótipo

```
int count(link x, int v)
```

que, ao ser chamado com `x` apontando para a primeira célula de uma lista ligada e `v` um inteiro, devolve o número de células na lista que tem item igual a `v`.

2. [4 pontos] Considere a seguinte implementação do quicksort, de Kernighan e Pike ("The Practice of Programming", Addison Wesley Longman, 1999):

```
void swap(int v[], int i, int j)
{ int temp = v[i]; v[i] = v[j]; v[j] = temp; }

void quicksort(int v[], int n)
{   int i, last;
    if (n <= 1) return; /* nothing to do */
    last = 0;
    for (i = 1; i < n; i++)
        if (v[i] < v[0])                  /* v[0] is the pivot */
            swap(v, ++last, i);
    swap(v, 0, last);                     /* restore pivot */
    quicksort(v, last);                   /* recursively sort */
    quicksort(v + last + 1, n - last - 1); /* each part */
}
```

Lembre-se também do `partition()` que conhecemos:

```
int partition(int a[], int l, int r)
  { int i = l-1, j = r; int v = a[r];
    for (;;) {
        while (a[++i] < v) ;
        while (v < a[--j]) if (j == l) break;
        if (i >= j) break;
        exch(a[i], a[j]);
      }
    exch(a[i], a[r]);
    return i;
  }
```

(i) Note que o algoritmo de partição de Kernighan e Pike é diferente do algoritmo em `partition()`. Dê uma entrada para a qual o algoritmo de Kernighan e Pike escreve valores no vetor `v` pelo menos $2n$ vezes para particionar um vetor com n itens (note que `swap()` escreve duas vezes em `v`).

(ii) Dê uma cota superior para o número de vezes que `partition()` escreve valores no vetor sendo particionado `a`.

(iii) Sejam $C_1(n)$ e $C_2(n)$ o número de comparações entre itens que fazem os dois algoritmos de partição acima, para vetores com n entradas. Dê boas cotas superiores para $C_1(n)$ e $C_2(n)$.

3. [4 pontos] Considere o algoritmo de intercalação visto em sala abaixo.

```
Item aux[maxN];
void merge(Item a[], int l, int m, int r)
  { int i, j, k;
    for (i = m+1; i > l; i--) aux[i-1] = a[i-1];
    for (j = m; j < r; j++) aux[r+m-j] = a[j+1];
    for (k = l; k <= r; k++)
       if (less(aux[i], aux[j]))
          a[k] = aux[i++];
       else
          a[k] = aux[j--];
  }
```

(*i*) Seja $N = r - l + 1$. Quantas comparações `less(aux[i], aux[j])` são feitas em uma chamada de `merge(a, l, m, r)`?

(*ii*) Seja $C(N)$ o número de comparações feitas por mergesort para ordenar um vetor com N elementos. Prove então que

$$C(1) = 0 \tag{1}$$

e

$$C(N) = C(\lfloor N/2 \rfloor) + C(\lceil N/2 \rceil) + N \quad \text{para } N > 1. \tag{2}$$

(*iii*) Faça uma tabela para $C(N)$ para valores pequenos de N.

(*iv*) Podemos provar que

$$C(N) = N\lceil \log_2 N \rceil + N - 2^{\lceil \log_2 N \rceil}. \tag{3}$$

Em vez de provar (3) em geral, prove que esta fórmula vale se $N = 2^k$ para um inteiro $k \geq 0$. [*Sugestão.* Use indução em k.]