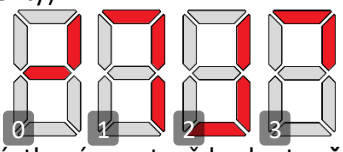
Odpovědi pište na zvláštní odpovědní list s vaším jménem a fotografií. Pokud budete odevzdávat více než jeden list s řešením, tak se na 2. a další listy nezapomeňte podepsat. Do zápatí všech listů vždy napište i/N (kde i je číslo listu, N je celkový počet odevzdaných listů).

Společná část pro otázky označené X

Předpokládejte, že máme k dispozici řadič typu `MAX6958AAPE` od společnosti Maxim sloužící k ovládání zobrazení na 7-segmentových LED displejích. S řadičem se komunikuje pomocí standardní varianty sběrnice I²C. Datasheet tohoto řadiče najdete **v příloze**.

Otázka č. 1 (X)

Předpokládejte, že k řadiči MAX6958 máme připojeny čtyři 7-segmentové LED displeje (nejlevější je připojený jako `digit0`, až nepravější je připojen jako `digit3`) – viz obrázek níže. Na displejích chceme rozsvítit symbol hada s podstavou, viz obrázek (červená = svítící segmenty, šedá = zhasnuté segmenty):



Napište v šestnáctkové soustavě hodnoty **všech** bytů (bez ACK bitu), které se budou přenášet pro I²C sběrnici v rámci jedné I²C transakce, pokud chceme všechny 4 displeje do cílového stavu rozsvítit právě jedním I²C burst zápisem do řadiče MAX6958.

Otázka č. 2 (X)

Předpokládejte, že na hlavní I²C sběrnici jednočipového počítače máme připojený řadič MAX6958, a k tomuto řadiči máme připojen jeden 7-segmentový LED displej jako `digit0`. Dále máme připravenu kostru Pascal programu `afw.pas` firmwaru pro výše uvedený jednočipový počítač:

```
program AFW; uses Crt;
var vzor : string;
begin
  vzor := '-.--..';
  { SEM INICIALIZACE }
  while true do begin
    { SEM KROK ANIMACE }
    Delay(1000 { ms } );
  end;
end.
```

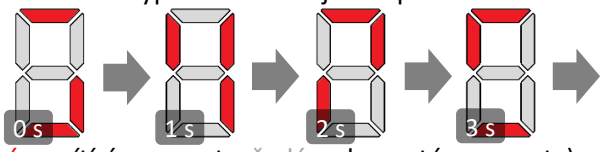
a dále máme připravenu proceduru `I2cSend`:

```
type PByte = ^byte;
procedure I2cSend(
  addrByte : byte; data : PByte; count : integer);
```

která odešle `count` bytů po I²C sběrnici, na kterou je řadič displaye připojený. Parametr `addrByte` má standardní format 1. I²C bytu, parametr `data` ukazuje na první z `count` datových bytů, které mají být po I²C sběrnici odeslány.

Upravte program tak, aby přečetl obsah proměnné `vzor` a podle toho rozsvítil nebo zhasl jednotlivé segmenty po obvodu „číslice“ – znak tečka (`.`) reprezentuje zhaslý segment, znak pomlčka (`-`) reprezentuje rozsvícený segment. První znak proměnné `vzor` reprezentuje stav horního segmentu, druhý znak stav následujícího segmentu **po** směru hodinových ručiček, atd. Střední segment má být vždy zhasnutý.

Dále program doplňte tak, aby po dobu zapnutí počítače probíhala animace na displeji tak, že vždy po 1 sekundě se stav segmentů o 1 „pootočí“ **proti** směru hodinových ručiček, tj. např. pro uvedenou hodnotu `'-.--..'` v řetězci `vzor` má animace vypadat následujícím způsobem:



(červená = svítící segmenty, šedá = zhasnuté segmenty)

Poznámka: v hlavním programu smíte měnit pouze červeně označené části, nicméně si můžete doprogramovat další procedury a funkce a definovat další globální proměnné. **Kód napište co nejefektivněji s vhodným využitím bitových operací (**tedy *krok animace* by již **neměl** pracovat přímo s řetězcem `vzor`, ale již jen s efektivnější reprezentací stavu segmentů**).**

Otázka č. 3

V kontextu nějakého moderního desktopového OS (jako Windows nebo Linux) detailně vysvětlete, co je tzv. *proces* a co tzv. *vlákno*. Do vysvětlení zahrňte koncept *page table*.

Otázka č. 4

Předpokládejte, že chceme reálné číslo `-2046,125` uložit do Pascalové proměnné ve standardním formátu double. Typ `double` je 64-bitové floating-point číslo dle standardu IEEE 754, tj. mantisa je normalizována se skrytou 1 a zabírá spodních 52 bitů, pak následuje 11-bitový exponent uložený ve formátu s posunem [bias] +1023, a poslední bit, tedy MSb, je znaménkový bit. Nyní program obsahující takovou proměnnou spustíme na počítači s 32-bitovým little-endian CPU, do proměnné uložíme uvedenou hodnotu `-2046,125`, a zjistili jsme, že je proměnná uložená na adrese `0x0F0105C8`. Napište v šestnáctkové soustavě hodnotu každého bytu paměti, ve kterém bude uložená nějaká část proměnné.

Otázka č. 5

Dopište deklaraci (argumenty s typy) a implementaci procedury `Xform` tak, aby prošla předané pole (předané jako 3. argument) o zadané délce (4. argument), a na každý prvek zavolala předanou čtecí funkci (např. `GetPlus1` v uvedeném testovacím programu), a její výsledek uložila do stejného prvku pole pomocí předané zapisovací procedury (např. `SetTimes2`). Tedy níže uvedený testovací program využívající proceduru `Xform` by měl vypsat `10 26 4 12`:

```
procedure Xform(...); begin ... end;

type PLongword = ^longword;
var  d : array[0..3] of longword;

function GetPlus1(a : PLongword) : longword;
begin GetPlus1 := a^ + 1; end;

procedure SetTimes2(a : PLongword; value : longword);
begin a^ := value * 2; end;

begin
  d[0] := 4; d[1] := 12; d[2] := 1; d[3] := 5;
    Xform(@GetPlus1, @SetTimes2, @d, 4);
  for i := 0 to 3 do Write(d[i], ' ');
end.
```

Otázka č. 6

Detailně vysvětlete, co je UTF-16. Jaký vztah má k Unicode?

Otázka č. 7

Předpokládejte následující záznam a globální proměnnou `x`:

```
type PByte = ^byte; PBlock = ^TBlock;
     TBlock = record
       Size : longword;
       Next : PBlock;
     end;
var x : array[0..4] of TBlock;
```

Jaká bude nejspíš celková velikost paměti zabraná proměnnou `x`, je-li `longword` 32-bitové bezznaménkové číslo? Na jakém offsetu od její bázové adresy bude ležet položka `x[1].Size` a na jakém položka `x[1].Next`? Detailně vysvětlete proč.

Otázka č. 8

Předpokládejte, že máme procesor s 16-bitovým fyzickým adresovým prostorem. Tento procesor máme připojený k systémové sběrnici s 32-bitovým adresovým prostorem. Z operační paměti chceme přečíst 4 byty ležící na adrese `0x0000FFFE` a dále 2 byty na adrese `0x00000010`. Načtené hodnoty chceme zapsat do 4 bytového registru řadiče pevného disku, který je paměťově mapovaný na adresu `0xA0010000`, resp. do 2 bytového registru na adrese `0xA0010004`. Budeme schopni v našem Pascal programu (běžícím v supervisorském režimu CPU) nějakým způsobem tyto 4 operace zapsat? Pokud ano, tak detailně vysvětlete, jak každou z těchto 4 operací provedete. Pokud ne, tak detailně vysvětlete, proč to není možné.

Otázka č. 9

Jakým způsobem probíhá bootování typického PC s nainstalovaným OS Linux? Jaké hlavní fáze tento proces zahrnuje? Jakému kódu (programu) náleží zcela 1. instrukce, kterou typický CPU vykoná hned po svém zapnutí? Vše detailně vysvětlete.

Otázka č. 10

Předpokládejte níže popsaný CPU vycházející z architektury procesorů Intel 80386 – je to **32-bitový little-endian** CPU s obecnou registrovou architekturou, s podporou stránkování a s 32-bitovým virtuálním i fyzickým adresovým prostorem. Procesor má obecné registry `EAX`, `EBX`, `ECX`, `EDX`, `DSI`, `EDI`, `EBP`, 32-bitový příznakový registr `EFLAGS` s běžnými příznaky, registr `ESP` (stack pointer, ukazuje na poslední využitý byte, roste dolů), a registr `EIP` (instruction pointer). V instrukční sadě jsou mimo jiné **i následující instrukce** (příznakový registr modifikují pouze aritmetické operace, ale instrukce přenosu dat nikoliv):

- `MOV reg,DWORD PTR imm32/[addr]` (load register)
- `MOV DWORD PTR [addr],reg` (store register)
- `MOV DWORD PTR [addr],imm32` (store constant)
- `MOV reg0,reg1` (transfer from `reg1` to `reg0`)
- `ADD reg,imm32/[addr]/reg` (add without carry)
- `ADD DWORD PTR [addr],imm32` (add without carry)
- `SUB reg,imm32/[addr]/reg` (subtract without carry)
- `IDIV reg,imm32/[addr]/reg` (divide left arg. by right arg.)
- `PUSH imm16/imm32/[addr]/reg`, `POP [addr]/reg`
- `JMP addr` (direct jump), `JE addr` (jump if equal)
- `CMP DWORD PTR [addr],imm32` (32-bit compare)
- `CALL addr` (direct call)
- `RET` (return from subroutine)

Všechny výše uvedené instrukce se dvěma operandy mají vždy **vlevo cílový** a **vpravo zdrojový** operand. Instrukce mohu mít jednu z následujících variant operandů (povolené varianty viz definice konkrétní instrukce):

- 32-bitový immediate `imm32`
- absolutní adresa `[addr]`, kde `[addr]` může být:
  - `[reg +/- imm]` adresa daná součtem/rozdílem obsahu registru `reg` a konstanty `imm`
- libovolný registr `reg`

Předpokládejte následující kus kódu zapsaného v assembleru tohoto CPU (víme, že výsledný strojový kód bude začínat na adrese `0x00402000`):

```
  push  ebp
  mov   ebp,esp
  sub   esp,0x10
  mov   DWORD PTR [ebp-0xc],0x0
  mov   DWORD PTR [ebp-0x10],0x0
  push  DWORD PTR [ebp+0x8]
  call  0x4014f0
  add   esp,0x4
  mov   DWORD PTR [ebp-0x8],eax
LABEL1:
  mov   eax,DWORD PTR [ebp+0x8]
  cmp   DWORD PTR [eax],0x0
  je    LABEL2
  mov   eax,DWORD PTR [ebp+0x8]
  mov   eax,DWORD PTR [eax]
  mov   edx,DWORD PTR [ebp-0x8]
  sub   eax,edx
  add   eax,DWORD PTR [ebp-0xc]
  mov   DWORD PTR [ebp-0xc],eax
  add   DWORD PTR [ebp-0x10],0x1
  add   DWORD PTR [ebp+0x8],0x4
  jmp   LABEL1
LABEL2:
  cmp   DWORD PTR [ebp-0x10],0x0
  je    LABEL3
  mov   ecx,DWORD PTR [ebp-0x10]
  sub   ecx,0x1
  mov   eax,DWORD PTR [ebp-0xc]
  idiv  eax,ecx
  push  eax
  call  0x401510
  add   esp,0x4
  mov   DWORD PTR [ebp-0x4],eax
  jmp   LABEL4
LABEL3:
  mov   DWORD PTR [ebp-0x4],0x0
LABEL4:
  mov   eax,DWORD PTR [ebp-0x4]
  mov   esp,ebp
  pop   ebp
  ret
```

Napište v Pascalu bez použití inline assembleru kód funkce (i s deklarací), která by mohla být běžným překladačem přeložena do výše uvedeného kódu v assembleru 80386 (předpokládejte, že funkce používá běžnou Cčkovou volací konvenci, tj. argumenty se předávají na volacím zásobníku zprava doleva, a **odebírá je volající**, návratová hodnota je uložená v registru `EAX`).