ALKALMAZÁSOK ÉS ESETTANULMÁNYOK I-II.

Tartalom

Esettanulmány I.: Beléptető rendszer tervezése mikroprocesszorral (8085' hipotetikus mikroprocesszor)

A tárgy első részében tanult ismeretek részbeni összefoglalására tervezzük meg egy egyszerű mikroprocesszoros rendszer hardverét, és írjuk meg működtető szoftverét!

A feladat tárgyköre és célja:

- tartalmaz memória- és perifériaillesztést, megszakításkezelést, egyszerű algoritmusok programozását
- felméri, hogy a hallgatók mennyire képesek alkalmazni a megtanul alapelvelveket és módszereket
- bemutatja, egy egyszerű, de az eddigieknél összetettebb szoftver megírásának módszertanát
- kísérletet tesz arra, hogy a hallgatók egy egyszerű hipotetikus (8085'-re hasonlító) processzor hipotetikus (Z80-ra hasonlító) és először látott assembly nyelvén kódolják le a kidolgozott algoritmusokat.

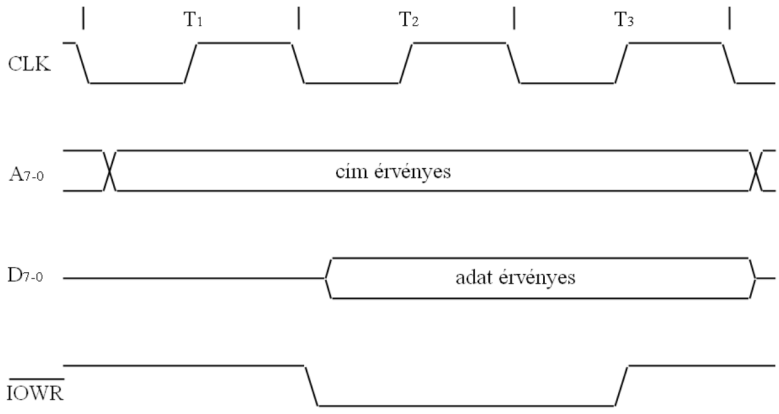
A hardver elemei

Mikroprocesszor

Adott egy hipotetikus mikroprocesszor a következő illesztési felülettel:

- A15-0 címbusz; megcímezhető 64 kB memória, de csak 256 I/O port (az A7-0 címbitekkel címezhető)
- D7-0 adatbusz
- /MEMRD, /MEMWR, /IORD, /IOWR: 0 aktív kimenő vezérlő jelek
- INT: felfutó élre érzékeny IT bemenet

Kezdetben a CPU a 0000h címről indul. Megszakításkor egy CALL 1000h utasítást hajt végre, regisztereket nem ment, a további megszakításokat letiltja.
Az első feladat (hardver tervezése) megoldásához szüksége lesz rá, ezért megadjuk még a processzor perifériára történő írásának az idődiagramját. Vegyük észre, hogy az /IOWR jel megszűnésekor az adat még kellő ideig stabil!



1. ábra: Perifériára való írás idődiagramja

A mikroprocesszor utasításaival majd a 2. feladat (szoftver tervezés és program írása) keretében ismerkedünk meg.

Beléptető periféria

Adott egy beléptető periféria, ami tartalmaz:

- egy kártyaolvasót: a belépőkártyák azonosítója 0-255 egész szám
- egy 0-9 számjegyeket tartalmazó billentyűzetet (más gomb, pl. törlés nincs)
- egy relé vezérlő egységet (nyitott vagy zárt állásba vezérelhető a zár nyelve; az ajtó zárt állásban is becsukódik, de csak nyitott állásban nyitható ki)
- a processzor felé való illesztési felületet

A periféria illesztési felülete a CPU felé

A periféria be és kimenetei a következők:

- D7-0: kétirányú adatbusz
- /CS, RD és WR: 0 aktív bemenő vezérlő jelek,
- (/C)/D (Code=0/Data=1): választó bemenet, hatása:
  - (/C)/D=0 érték esetén: D7-0 olvasáskor státusz, íráskor zárvezérlés
  - (/C)/D=1 érték esetén: az adatregiszterből az utolsó eseményhez tartozó számérték (utoljára lehúzott kártya azonosítója vagy utoljára megnyomott számjegy) olvasható ki, az adatregiszter írása hatástalan.
- INTR: alacsony logikai szinttel jelző esemény kimenet

A beléptető periféria (/C)/D választó bemenetét az A0 címbitre kötve tehát az eszköz a rendszerben 2 db periféria címet foglal el: az alacsonyabb címen a vezérlő/státusz regiszter, a magasabb címen az adatregiszter található.

A periféria működése

Minden kártyához (kártyaazonosítóhoz) tartozik egy 4 decimális jegyből álló kód: a zárat akkor kell nyitni, ha a kártya lehúzása után megnyomott első 4 billentyű éppen a hozzá tartozó kódot adja. (Időzítéssel nem foglalkozunk!) A feladat megoldásához felhasználjuk a beléptető periféria alábbi funkcióit:

- Amikor a kártyát lehúzzák, a beléptető INTR lába alacsony szintűre vált, és a státuszregiszteréből olvasva a D0 bit 1-es értékű lesz (akárhányszor is kiolvasható): ezek mindaddig fennállnak, amíg az adatregiszterből ki nem olvasták a kártya azonosítóját. Ezután adatregiszterből kiolvasható (csak egyszer!) a lehúzott kártya azonosítója, utána rögtön INTR magasra vált, és a státuszregiszteréből olvasva a D0 bit értéke 0 lesz.
- Amikor egy számjegyet beütöttek, a beléptető INTR lába alacsony szintűre vált, és a státuszregiszteréből olvasva a D1 bit 1-es értékű lesz (akárhányszor is kiolvasható): ezek mindaddig fennállnak, amíg az adatregiszterből ki nem olvasták a számjegy értékét. Ezután az adatregiszterből kiolvasható (csak egyszer!) a beütött számjegy értéke, utána rögtön INTR magasra vált, és a státuszregiszteréből olvasva a D1 bit értéke 0 lesz.

- A vezérlő regiszter D2 bitjével állítható a zár állása: 0: zárás parancs, 1: nyitás parancs. A nyitás parancs után, amint az ajtót kinyitották rögtön, de legkésőbb 10s után (timeout: ha az ajtót addig nem nyitották ki) a beléptető zárnyelv vezérlője automatikusan átmegy zárt állapotba.
- A státuszregiszter D2 bitjéből mindig kiolvasható a zár állása: 0: zárva, 1: nyitva

További rendelkezésre álló elemek

A feladat megoldásához adott még: 8kB ROM, 8kB RAM, 3/8 dekóder, 3db 8 bites címkomparátor, 1 piros és 1 zöld LED nyitó irányban 2V feszültségeséssel és 5-15mA áramigénnyel, 2db 250 Ohm-os ellenállás, 2db D tároló. A D tárolók (a tanult módon) az órajel felfutó élere tárolják el a D bemenet logikai értékét.

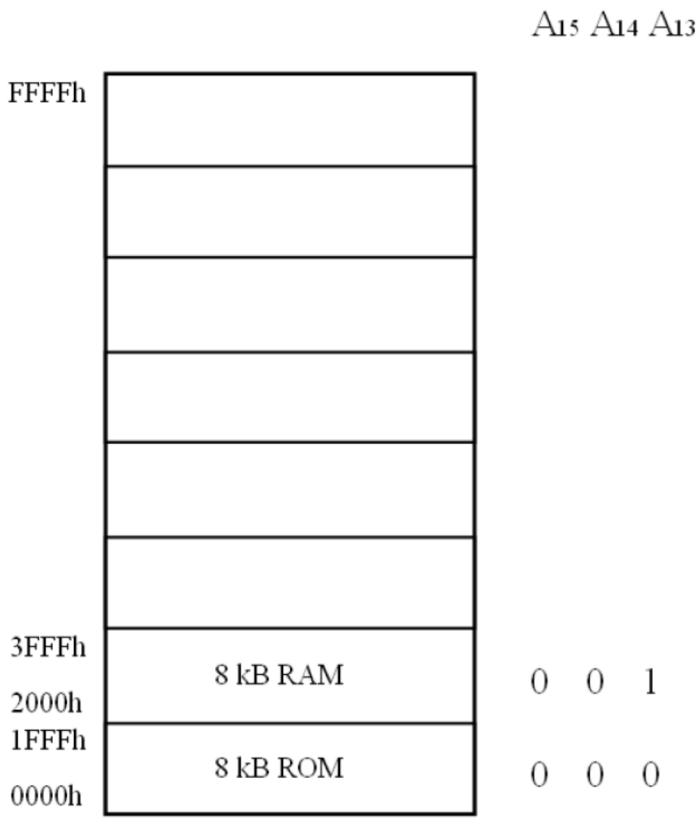
1. Feladat: a hardver megtervezése

Illesszünk a hipotetikus mikroprocesszorhoz 8kB EPROM-ot a 0000h címre, 8kB RAM-ot a 2000h címre, a beléptető perifériát a 2Eh báziscímre (így 2Eh/2Fh címeken érhető el), valamint egy zöld és egy piros LED-et az 1Ah és az 1Bh portcímekre (D tárolók és ellenállások segítségével) úgy, hogy az adatbusz D0 bitjével lehessen az állapotukat vezérelni!

A megoldás menete

Memóriák illesztése

Készítsünk memóriatérképet! A memóriatérkép mellett megadtuk az A15-13 címbitek értékét is; ebből (is) világosan látható, hogy egy 3/8-as dekóderrel az EPROM és a RAM illesztése könnyen megoldható: a 0000h-1FFFh címeken elérhető EPROM esetén A15-13=000, a 2000h-3FFFh címeken elérhető RAM esetén A15-13=001, tehát az 3/8-as dekóder /O0, illetve /O1 kimenetére kell őket kötnünk. Mindkét memória mérete 8kB, így megcímzésükhöz 13 bitre (A12-0) van szükség. Az adatbusz bekötésénél ügyeljünk arra, hogy az EPROM-ba nem tudunk beleírni!



2. ábra: Memóriatérkép

Beléptető periféria illesztése

A beléptető perifériát címkomparátorral a 2Eh báziscímre illesztjük: a címkomparátor P7-1 bemenetére a címbusz A7-1 bitjeit kötjük, de az A0 címbit helyett P0-ra fixen logikai 0-t (L)

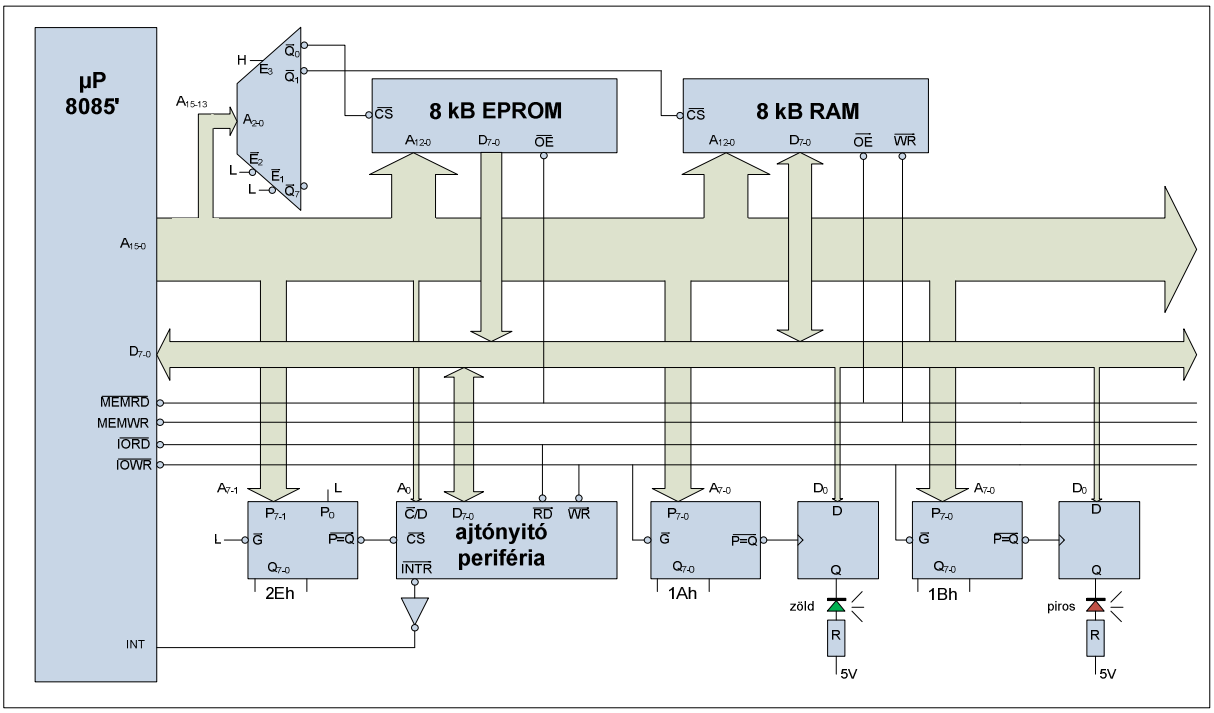
kötünk, Q7-0 bemenetére pedig az 1Eh értéket kapuzzuk. Így a két perifériacím (2Eh és 2Fh) bármelyikének megszólítása esetén a komparátor kimenete aktív lesz. A címkomparátor /G engedélyező bemenetét fixen logikai 0-ra (L) kötjük. (Meghajthatnánk az /IORD és /IOWR jelekkel egy ÉS kapun keresztül, ami 0 aktív logikában VAGY kapuként funkcionál, de időzítési megfontolásból most nem ezt tesszük.) A címkomparátor 0 aktív /(P=Q) kimenetével engedélyezzük a beléptető perifériát annak CS bemenetén. Az A0 címbitet rákötjük a beléptető
periféria (/C)/D bemenetére; az /IORD, /IOWR, és D7-0 jeleket pedig értelemszerűen a beléptető periféria /RD, /WR, és D7-0 lábaira kötjük. A periféria /INTR kimenetét inverteren keresztül kötjük a CPU felfutó élre érzékeny INT lábára.

LED-ek meghajtása

A LED-ek meghajtásához fontoljuk meg a következőket! TTL alkatrészekről lévén szó, a D tároló kimenetének áram terhelhetősége logikai 1 értéknél bizonyosan 1mA alatt van, logikai 0-nál viszont 20mA környékén, tehát közvetlenül a D tároló kimenetéről csak logikai 0 esetén tudjuk biztosítani a LED-ek meghajtásához a szükséges áramot. Ha az egy LED-en nyitó irányban eső feszültség 2V, és figyelembe vesszük, hogy a D tároló kimenetén nem pontosan 0V a feszültség, valamint az 5V névleges értékű logikai 1 sem pontosan 5V, akkor a 250 Ohm-os áramkorlátozó ellenálláson még kb. 2V feszültségeséssel számolhatunk, ami 8mA áramot biztosít; ez a LED-ek számára megfelelő. Tehát a LED-eket a D tárolók kimenetéről 250-os ellenálláson keresztül logikai 1 ("H") szintre kötjük. (Vigyázzunk, hogy a LED-ek rajzjelének állása a pozitív áramirányt kövesse a H értéktől a D tároló kimentet felé!) Ne felejtsük el, hogy ezzel a megoldással azt is eldöntöttük, hogy a LED-ek kigyújtásához 0-t kell a D tárolókba írnunk, kioltásához pedig 1-et!

D tárolók illesztése

A D tárolókat az 1Ah és az 1Bh portcímekre illesztjük címkomparátorokkal. (A címkomparátorok P7-0 bemenetére a címbusz A7-0 bitjeit kötjük, Q7-0 bemenetére pedig az 1Ah illetve 1Bh értékeket kapuzzuk.) A címkomparátorok engedélyezéséhez a /G engedélyező bemenetükre a CPU /IOWR kimenetét kötjük, mivel a tárolókat csak írnunk kell. A címkomparátorok 0 aktív /(P=Q) kimenetét a D tároló felfutó élre érzékeny órajel bemenetére kötjük; így az /IOWR megszűnésekor a felfutó él hatására a kiválasztott D tároló eltárolja a D bemenetére kötött adatbusz D0 bitjének ekkor még stabilan tartott értékét (lásd 1. ábra).



3. ábra: Logikai kapcsolási rajz

2. Feladat: a szoftver megtervezése és megírása assembly nyelven

A beléptető periféria zárja kezdetben zárt állásban van (így indul, ez nem a mi dolgunk). Követelmény, hogy:
1. A LED-eknek mindenkor tükrözniük kell a zár állapotát (beleértve a nyitást, az automatikus zárást, valamit az ajtó fizikai nyitása által kiváltott zárást is).
2. Kártyalehúzást követő helyes 4 jegyű kód megadása esetén a zárat nyitni kell (függetlenül attól, hogy éppen zárt vagy nyitott állásban van). Minden más bemeneti szekvencia esetén a zárat nem szabad kinyitni.

A tervezés menete

Megfontolások, tervezői döntések

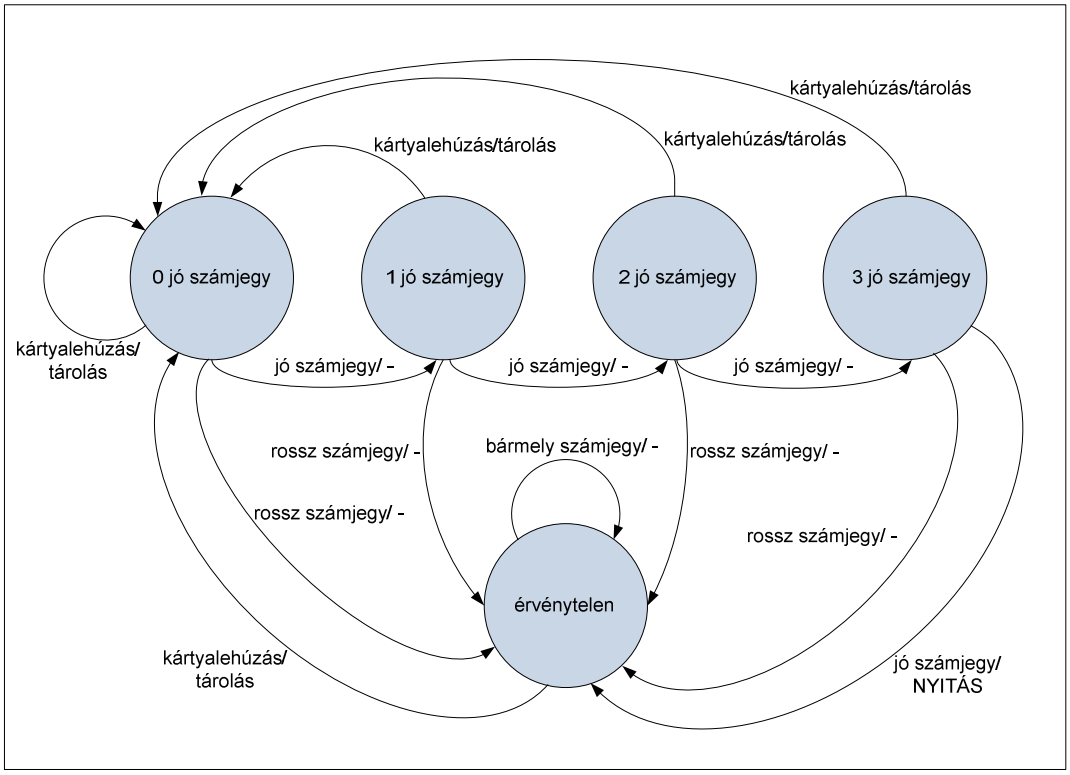
Vegyük észre, hogy mivel a zárásról semmiféle értesítést sem kapunk, az 1. követelményt csak úgy tudjuk kielégíteni, ha folytonosan kiolvassuk a zár állapotát és (szükség esetén) beállítjuk a LED-eket. Az már tervezői döntés, hogy ebben a ciklusban folytonosan állítjuk-e LED-ek állapotát vagy csak változás esetén, hasonlóan az is, hogy a ciklusban csak a nyitottról zártra állítással foglalkozunk és (kártyalehúzással és helyes kóddal kiváltott) nyitáskor végezzük el a LED-ek állítását vagy inkább minden LED állítást a ciklusban végzünk. Most válasszuk azt, hogy ebben a ciklusban végzünk el minden LED állítást és állapotváltozástól függetlenül mindig beállítjuk a LED-eket a zár beolvasott állásának megfelelően!

Éljünk azzal az előfeltevéssel is, hogy a kártyalehúzás és a számjegyleütés események közül egyszerre csak az egyik következik be! (A rendszer működése kellően gyors a felhasználóhoz képest.)

Beléptető megszakítással

A kártyalehúzást és a számjegyek leütését lekérdezni is képesek vagyunk, és megszakítást is használhatunk. Tegyük most az utóbbit!

Mivel a megszakítások használatát választottuk, elesünk annak a lehetőségétől, hogy a programszámlálót használjuk a program állapotának a tárolására, ezért kézenfekvő, hogy használjunk egy állapotváltozót, nevezzük AV-nek. Hordozza AV azt az értéket, hogy az utolsó kártyalehúzást követően hány helyes számjegy érkezett (lehetséges értékek 0-tól 4-ig) és egy másik számértékkel kódoljuk azt, ha nem volt még kártyalehúzás vagy érvénytelen számjegy jött. Könnyen belátható, hogy csak egy ilyen "érvénytelen" állapotra van szükség, ugyanis csak egyfajta esetben lehet folytatás: ha kártyalehúzás jön. Az is nyilvánvaló, hogy az AV=4 esetet sem szükséges megkülönböztetnünk az érvénytelentől, mert ha egyszer már elvégeztük a nyitást, a továbbiakban ez az állapot nem különbözik az érvénytelentől (ismét kártyalehúzásra kell várnunk). Vizsgáljuk meg az alábbi állapotgráfot!



4. ábra: Állapotgráf

A fenti állapotgráfnak megfelelő véges automatát formálisan is lekódolhatnánk, de helyette inkább gondolkozzunk egy kicsit, mert az megtérül a programozáskor! ;-) Az inputnak két fajtája lehetséges: kártyalehúzás vagy számjegy érkezése.

- Látható, hogy a kártyalehúzás az adott állapottól függetlenül mindig AV:=0-t eredményez, és tárolni kell a kártya azonosítóját.
- Csak számjegy érkezése esetén érdekes az AV értéke. Ekkor amennyiben AV értéke 0, 1 vagy 2 és a korábban tárolt kártyaazonosító és az adott AV mellett a beérkezett számjegy megfelelő, akkor az AV értéke eggyel nő; ha nem megfelelő, akkor AV:=érvénytelen lesz. Amennyiben AV=3, akkor is az előbbihez hasonlóan kell eljárnunk, annyi különbséggel, hogy ha megfelelő számjegy jött, akkor NYITÁS parancsot adunk és AV:=érvénytelen lesz. A programban kezeljük ezért inkább együtt a 0, 1, 2 és 3 állapotokat, és csak a végén vizsgáljuk meg, hogy vajon AV értéke 4 lett-e! Természetesen amennyiben AV értéke érvénytelen, akkor bármilyen számjegy jött is, az AV értéke változatlan marad, tehát a programnak ezzel az esettel nem is kell foglalkoznia!

Adatszerkezetek

- KODTABLA: 4 db 256 byte-os táblázat egymás után: az i. táblázat j. karaktere a j. kártyaazonosítóhoz tartozó i. számjegy; j=0-255, i=0-3
- AV: egy darab státusz bájt, melynek jelentése:
  - i=0-3: a legutolsó kártyaolvasás után már jött i db számjegy és az jó volt (vegyük észre, hogy itt i=0 éppen úgy kezelhető mint i=1-3)

    - legyen az értéke 255 minden egyéb esetben
- K_AZON: egy bájt, ami az utolsó kártyaazonosító értékét tárolja, de csak AV=0-3 esetén érvényes

További tervezői döntés a következő apró trükk: igazítsuk a KODTABLA kezdetét 256 bájtos laphatárra! Ez egyszerűsíti az elemeinek a címzését. A mindig használható KODTABLA_KEZDOCIME+256*AV+K_AZON cím 16 biten való kiszámítása helyett így, ha a KODTABLA AV-edik 256 bájtos lapján keressük a K_AZON-adik számjegyet, akkor elegendő AV-t a KODTABLA kezdőcímének magasabb helyiértékű bájtjához hozzáadni, K_AZON értékét pedig KODTABLA kezdőcímének alsó helyértékű (a laphatárra igazítás miatt 0 értékű) bájtja helyett használni.

Az egyes programrészek működése nagy vonalakban

A főprogram beállítja a verem helyét, az állapotváltozó értékét, engedélyezi a megszakításokat, majd végtelen ciklusban kiolvassa a zár állapotát és megjeleníti a LED-eken. Az IT rutin menti a használt regisztereket, majd:

- Ha kártyalehúzás jött, akkor az azonosítót tárolja és AV:=0;
- Különben számjegy jött (mert másért nem lett volna IT), tehát: ha AV=255, akkor a számjegyet eldobjuk, állapot változatlan, ellenkező esetben csakis 0-3 állapot lehet, így: ellenőrizzük, hogy jó-e a számjegy, ha nem: AV:=255; ha igen: AV++; amennyiben az állapot 4 lett, akkor: NYITÁS (csak a periférián) és AV:=255;

Végül az IT rutin visszatölti a mentett regiszterek értékét, engedélyezi a megszakítást és visszatér.

A program működése folyamatábrával kifejezve

Rövid, egyszerű assembly nyelvű programok megírása előtt általában célszerű (és elegendő is) folyamatábrát készíteni. A folyamatábrába olyan lépéseket szoktunk írni, amit vagy közvetlenül egy gépi utasítással vagy legfeljebb 2-3 utasítással el tudunk végezni. Ezeket kifejezhetjük szavakkal, de még jobb, ha formálisan írjuk le őket (mert így egyértelmű); például az adatmozgatásokat regiszterekkel, memória/port címekkel és nyilakkal jelezzük:

- A <-- (HL): Az A regiszterbe (akkumulátor) betöltjük a HL regiszterpár (értéke) által megcímzett memóriarekesz tartalmát.
- port5Bh <-- A: Az akkumulátor értékét kiírjuk az 5Bh számú portra.

A folyamatábra így természetesen processzorfüggő. A folyamatábra elkészítéséhez tehát előbb megadjuk az hipotetikus processzor regiszterkiosztását.

A hipotetikus processzor és az assembly nyelv és fordító használata

Regiszterkiosztás

A hipotetikus processzornak a következő regiszterei vannak:
A, F, B, C, D, E, H, L regiszterek 8 bitesek, és az SP regiszter 16 bites az alábbi értelmezésekkel:

- A - akkumulátor: kitüntetett regiszter, az aritmetikai és logikai műveletek egyik operandusaként használjuk, és a műveletek eredménye is benne képződik; valamint az IN (perifériáról való bevitel) és OUT (perifériára való kivitel) utasítások implicit operandusa is ez.
- F - jelzőbitek regisztere: a jelzőbitek közül csak a Z-t használjuk, értéke pontosan akkor 1, ha az utolsó aritmetikai vagy logikai művelet eredménye 0. Az A regiszterrel együtt az AF regiszterpárt alkotja, ami verem műveleteknél együtt kezelhető.
- BC, DE, HL - regiszterpárok: együtt 16 bites regiszterként használhatók, de az egyes regiszterek külön-külön is használhatók.
- SP - veremmutató

Címzési módok

- Akkumulátor címzés: az egyik operandus és a művelet eredménye implicit módon az akkumulátor (de nem nevezzük meg). Ezzel találkozunk az aritmetikai és logikai műveleteknél valamint az IN/OUT utasításoknál.

```
AND   B          ; A ← A&B
OUT   38h        ; port38h ← A
```

- Regisztercímzés: operandusként regisztert vagy regiszterpárt adunk meg.

```
LD    A, B       ; A ← B
```

- Közvetlen adatcímzés (immediate): közvetlenül az utasítás kódja után, az utasítás részeként szerepel az operandus

```
LD    B, 10      ; B ← 10
```

- Direkt memóriacímzés: az operandus memóriabeli címét adjuk meg zárójelben (azért kell a zárójelpár, hogy a közvetlen adatcímzéstől meg tudjuk különböztetni)

```
LD    (3000h), D ; MEM[3000h] ← D
```

- Indirekt címzés: a címet tartalmazó regiszterpár zárójelben megadva szerepel (itt is azért kell a zárójelpár, hogy a regisztercímzéstől meg tudjuk különböztetni).

```
LD    A,(HL)     ; A ← MEM[HL]
```

Felhasznált mnemonikok

(A használt mnemonikok a 8085 és a Z80 assembly nyelvére emlékeztetnek.)

- LD: adatmozgatás: hova, mit
- PUSH / POP: regiszter vagy regiszterpár értékének mentése a verembe / visszatöltése a veremből

- IN / OUT: a megadott portról bevitel vagy oda kivitel
- AND: bitenkénti logikai ÉS művelet a megadott operandus és az akkumulátor között
- ADD: 8 bites összeadás a megadott operandus és az akkumulátor között
- INC: a megadott regiszter értékének növelése 1-gyel
- CMP: a jelzőbitek állítása az "akkumulátor tartalma mínusz a megadott érték" művelet eredménye szerint (de az akkumulátor tartalma nem változik meg)
- JMP: feltétel nélküli ugrás (a megadott címre)
- JZ / JNZ: ugrás, ha az előző aritmetikai vagy logikai művelet eredménye 0 / nem 0
- CALL: szubrutin hívása
- RET: szubrutinból vagy megszakításból való visszatérés
- EI: megszakítások engedélyezése

Felhasznált fordítói direktívák

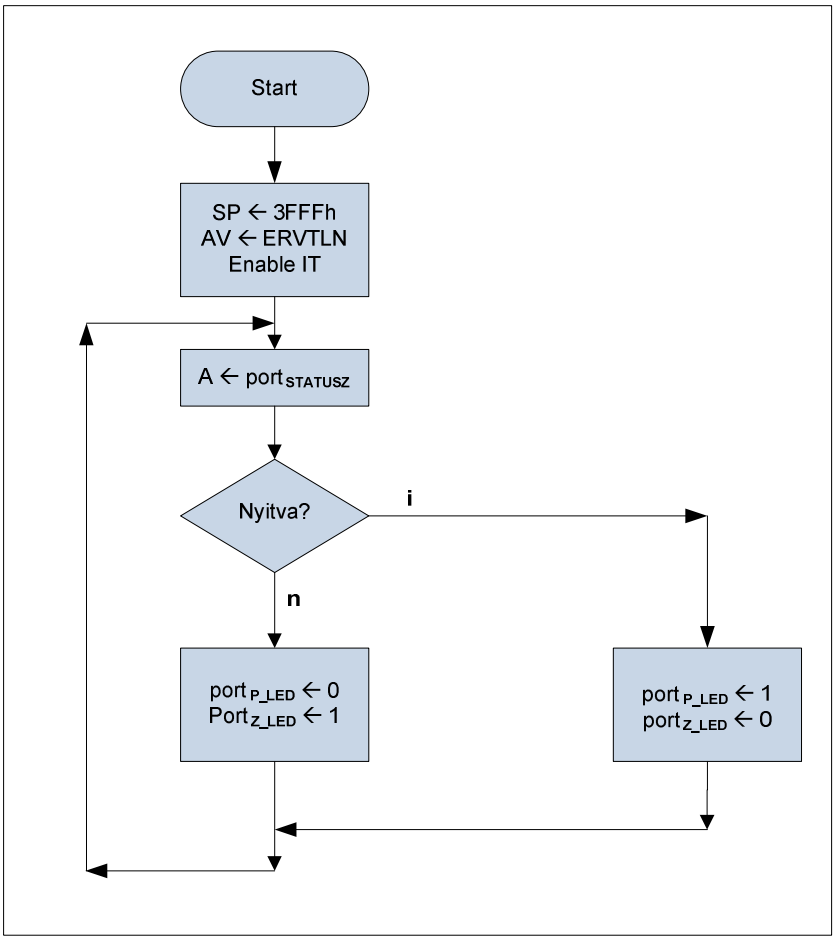
- EQU: szimbólumhoz érték rendelése
- ORG (origin): program memóriabeli kezdőcímének megadása
- $: az utasítás elhelyezési számláló aktuális értéke
- DB (define byte): adatok elhelyezése a gépi kódba az elhelyezés számláló értéke szerinti helyre
- END: a fordítás befejezése

További elemek:

- Címkék: sor elején kezdődnek, kettősponttal zárulnak
- Megjegyzések: pontosvesszőtől (”;”) az adott sor végéig

A főprogram

Az alábbi folyamatábra a főprogram működését írja le.

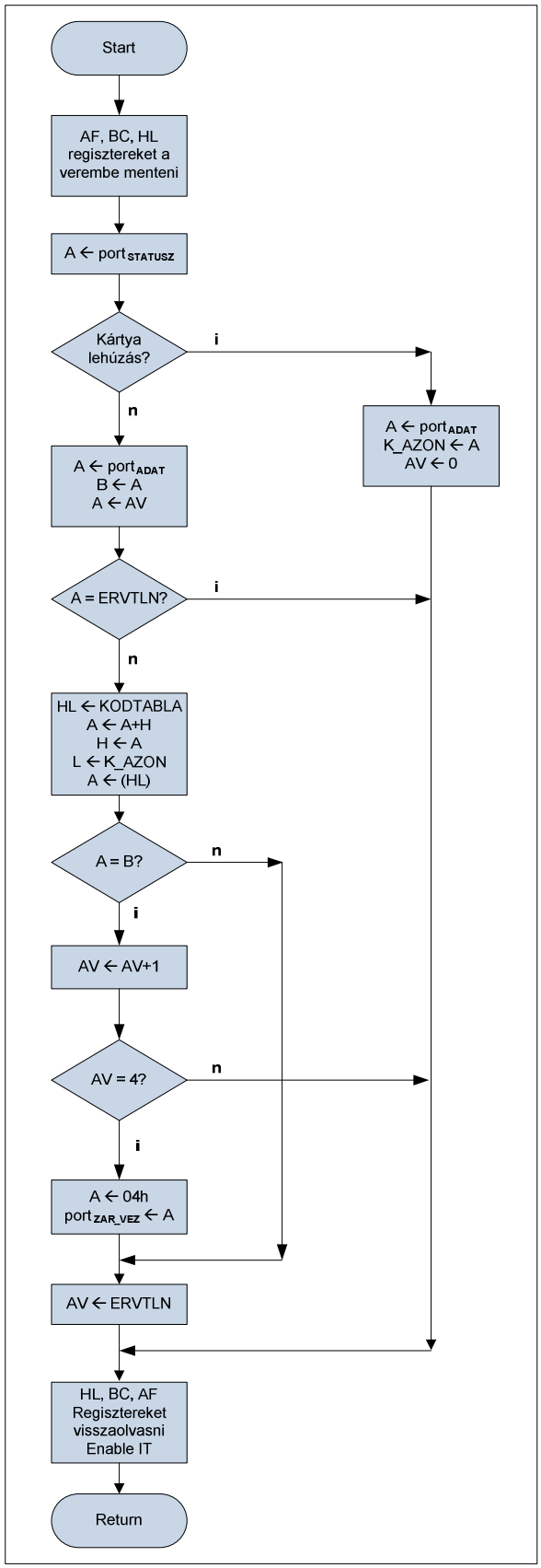


5. ábra: A főprogram működése

Amint a folyamatábrán is látható, a program végtelen ciklusban fut. Kártyalehúzás, valamint számjegy leütése esetén megszakítás keletkezik, ekkor a főprogram működését megszakítva a megszakítási rutin kerül meghívásra.

A megszakítási rutin

A megszakításokat kiszolgáló eljárás működését az alábbi folyamatábra írja le.



6. ábra: A megszakítási rutin működése

A beléptető program kódja

Főprogram

```
; hardver címek
Z_LED           EQU     1Ah             ; zöld LED portcíme
P_LED           EQU     1Bh             ; piros LED portcíme
STATUSZ         EQU     2Eh             ; beléptető periféria státusz regiszterének portcíme
ZAR_VEZ         EQU     2Eh             ; beléptető periféria zárvezérlő regiszterének portcíme
ADAT            EQU     2Fh             ; beléptető periféria adatregiszterének portcíme
;
; egyéb konstansok
HOSSZ           EQU     04              ; a belépőkártyákhoz tartozó kód hossza
KLE             EQU     00000001b       ; maszk a kártyalehúzás teszteléséhez
SZJ             EQU     00000010b       ; maszk a számjegy beütésének teszteléséhez
ZARALL          EQU     00000100b       ; maszk a zár állapotának kiolvasásához
NYISD           EQU     00000100b       ; a nyitás parancs kódja
ERVTLN          EQU     255             ; az érvénytelen állapot kódja
LAP_MER         EQU     100h            ; 256 byte, a belepőkártyák kódtáblájának laphatárra helyezéséhez
;
; változók címei
AV              EQU     2000h           ; az állapotváltozót itt taroljuk (a RAM-ban)
K_AZON          EQU     2001h           ; a kártyaazonosítót itt tároljuk
; A kódtáblát majd a főprogram után az EPROM-ban helyezzük el az értékek definiálásával!
;
; itt kezdődik a főprogram
                ORG     0000h           ; a programkód elhelyezése a 0000h kezdőcímtől
                LDI     SP,3FFFh        ; veremmutató beállítása a RAM tetejére
                LDI     A,ERVTLN        ; az érvénytelen állapot kódja
                LD      AV,A            ; állapotváltozó beállítása
                EI                      ; megszakítások engedélyezése
;
; most jön a program főciklusa
FOCIKL:         IN      STATUSZ         ; a beléptető periféria állapotának kiolvasása
                ANI     ZARALL          ; zárállapot vizsgálata
                JNZ     NYITVA          ; ha a D2 bit 1-es volt: nyitva van
; ha nem ugrott el, akkor tudjuk, hogy zárva van!
                LDI     A,0             ; kigyújtás
                OUT     P_LED           ; piros LED világítson
                LDI     A,1             ; kioltás
                OUT     Z_LED           ; zöld LED ne világítson
                JMP     FOCIKL          ; végtelen ciklus
NYITVA:         LDI     A,0             ; kigyújtás
                OUT     Z_LED           ; zöld LED világítson
                LDI     A,1             ; kioltás
                OUT     P_LED           ; piros LED ne világítson
                JMP     FOCIKL          ; végtelen ciklus
;
; A kódtáblát laphatárra helyezzük az alábbi apró trükkel:
; (a fenti programkód rövidsége miatt nyilván "ORG 0100h"-val ekvivalens)
                ORG     ($+LAP_MER-1) AND NOT (LAP_MER-1)
KODTABLA:       DB      1, 4, 5, 2, 3, 4, 7, 8, 8, 0, 2, 3, 6, 2, 4, 9
                DB      4, 4, 3, 1, 7, 8, 0, 1, 3, 6, 4, 1, 4, 7, 6, 5
                DB      ...
; összesen 64 sor, soronként 16 értékkel, azaz 64x16=1024=4x256 db számjegy
;
```

Megszakítási rutin

```
; most jön a megszakítási rutin
                ORG     1000h           ; az IT rutin elhelyezése az 1000h címtől
; minden olyan regiszter értékét elmentjük, amit használni fogunk
                PUSH    AF              ; az A regiszter és a flag-ek értékének mentése a verembe
                PUSH    BC              ; a BC regiszterpár értékének mentése a verembe
                PUSH    HL              ; a HL regiszterpár értékének mentése a verembe
                IN      STATUSZ         ; mi volt a megszakítás oka?
                ANI     KLE             ; kártyalehúzás jött?
                JNZ     LEHUZ           ; igen
; biztos, hogy számjegy volt, nem mert kártyalehúzás!
                IN      ADAT            ; számjegy kiolvasása (kötelező, mert különben az IT fennmarad)
                LD      B,A             ; a számjegy mentése
                LD      A,AV            ; állapotváltozó betöltése
                CPI     ERVTLN          ;
                JZ      IT_VEGE         ; ha érvénytelen, akkor nincs további teendőnk
; az AV értéke szükségképpen a [0,HOSSZ-1] intervallumba esik (lásd később: HOSSZ tesztelése)
; a várt számjegy a KODTABLA+LAP_MER*AV+K_AZON címen van, készítsük el a címet!
                LD      HL,KODTABLA     ;kódtábla kezdőcíme, a laphatárra helyezés miatt L érteke 0
                ADD     H               ;A:=A+H, túlcsordulás tudjuk, hogy nem lesz!
                LD      H,A             ;A KODTABLA-ban az (AV). lapon keressük a ...
                LD      L,K_AZON        ; ... (K_AZON) értéket
                LD      A,(HL)          ; a várt számjegy kiolvasása indirekt címzéssel
                CMP     B               ; fent B-be mentettük a beérkezett számjegyet
                JNZ     ROSSZJ          ; hibás a beütött számjegy
; a beütött számjegy helyes volt, ezért AV 1-gyel nő:
                LD      A,AV
                INC     A
                LD      AV,A
                CPI     HOSSZ           ; elértük-e már a kódsorozat hosszát?
                JNZ     IT_VEGE         ; még nem
; ha már elértük: nyitunk + AV:=ERVTLN
NYITAS:         LDI     A,NYISD         ; nyitás parancs kódja
                OUT     ZARVEZ          ; parancs kiadása
ROSSZJ:         LDI     A, ERVTLN       ; az új állapot: érvénytelen
                LD      AV,A            ; állapot eltárolása
                JMP     IT_VEGE         ; ugrás az IT rutin végére
; kártyalehúzás feldolgozása
LEHUZ:          IN      ADAT            ; belépőkártya kódjának kiolvasása
                LD      K_AZON,A        ; kártyakód eltárolása
                LDI     A,0             ; ez lesz az új állapot
                LD      AV,A            ; állapotváltozó beállítása
; Az IT rutin végén a regisztereket fordított sorrendben kell visszatölteni!
IT_VEGE:        POP     HL
                POP     BC
                POP     AF
                EI                      ; Az IT engedélyezésének hatása egy utasítást késik!
                RET                     ; visszatérés az IT rutinból
                END                     ; ez a direktíva jelzi, hogy vége a fordításnak
```

Önálló feladat: Beléptető állapotolvasással

A hallgatók önállóan gondolják végig, hogy miben különbözne a program, ha nem használnánk megszakítást, hanem helyette állapotolvasással kérdeznénk le, hogy történt-e kártyalehúzás, illetve érkezett-e számjegy! Módosítsák ennek megfelelően a programot önállóan! Javasolom, hogy először mindenki készítse el a saját megoldását és csak utána olvassa el az alábbi minta megoldást!

Az előbbi minta megoldásban az IT rutin már tartalmazza mind a két esemény (kártyalehúzás, számjegy érkezése) feldogozását; készítsünk ezekből szubrutinokat! A főprogram végtelen ciklusában mentsük el a beolvasott állapotot a B regiszterbe (ez egy utasítás beszúrását jelenti), majd a jelzőbitek beállítása után a B regiszterből az állapotot visszatöltve vizsgáljuk meg, hogy fennáll-e a kártyalehúzás illetve a számjegy érkezése, amelyik igen, ahhoz hívjuk meg a megfelelő szubrutint.

Megjegyzések:

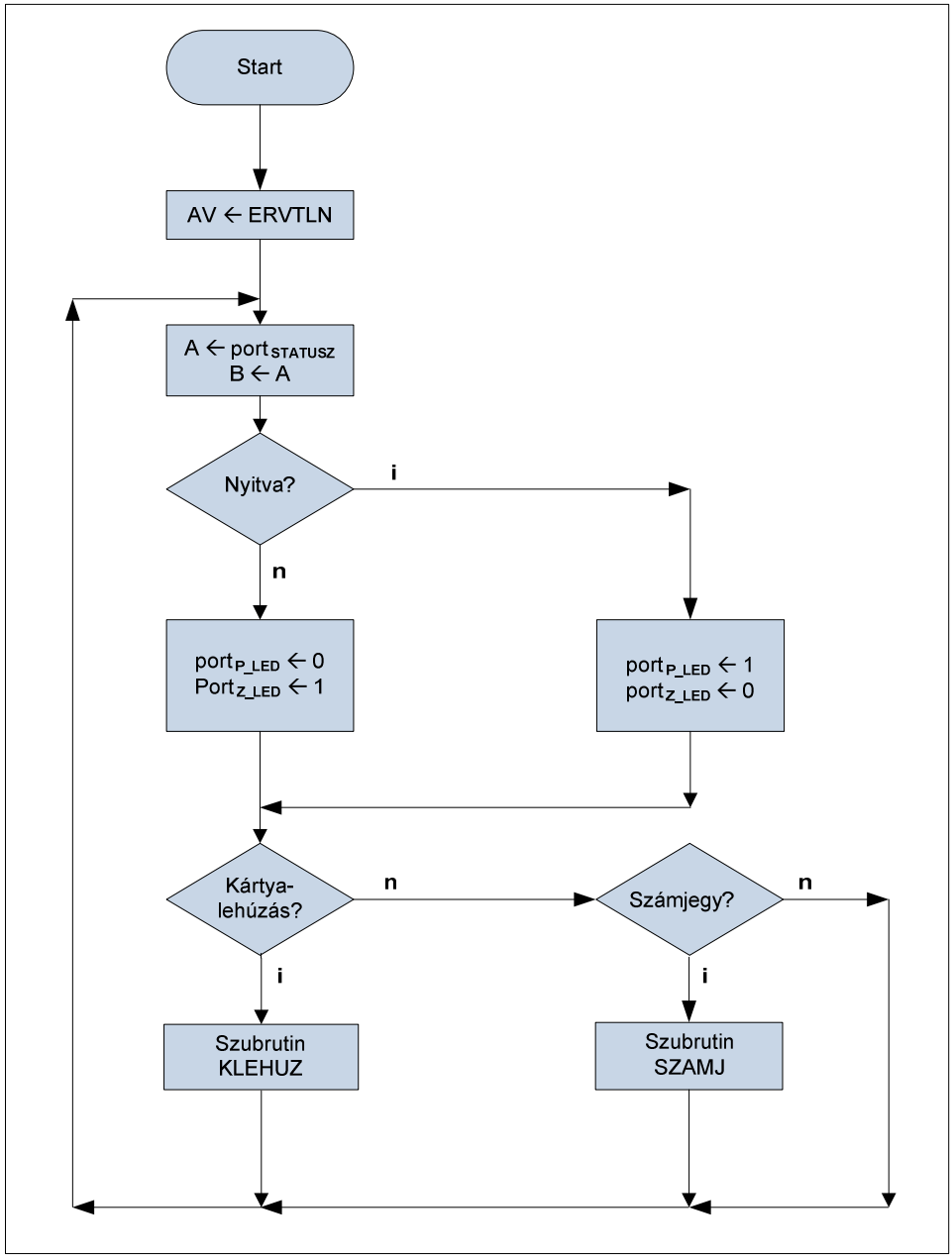
- Egyáltalán nem okoz gondot, hogy a LED-ek állítása megelőzi a kártyalehúzás illetve a számjegy érkezése események vizsgálatát, hiszen ha a zár állapota esetleg változik, a következő ciklusban a LED-ek úgyis követni fogják.
- Természetesen az állapotolvasást akár többször is elvégezhetnénk, az állapot elmentése csak egy lehetséges megoldás.
- Továbbra is éltünk azzal az előfeltevéssel, hogy a kártyalehúzás és a számjegy leütése események közül egyszerre csak az egyik következhet be.
- Egy kicsit bonyolultabb feladatnál már érdemes új folyamábrát rajzolni. Most, mivel a kártyalehúzás és a számjegy leütése események feldolgozását külön szubrutinokba szerveztük.

A módosított beléptető program

Módosított főprogram

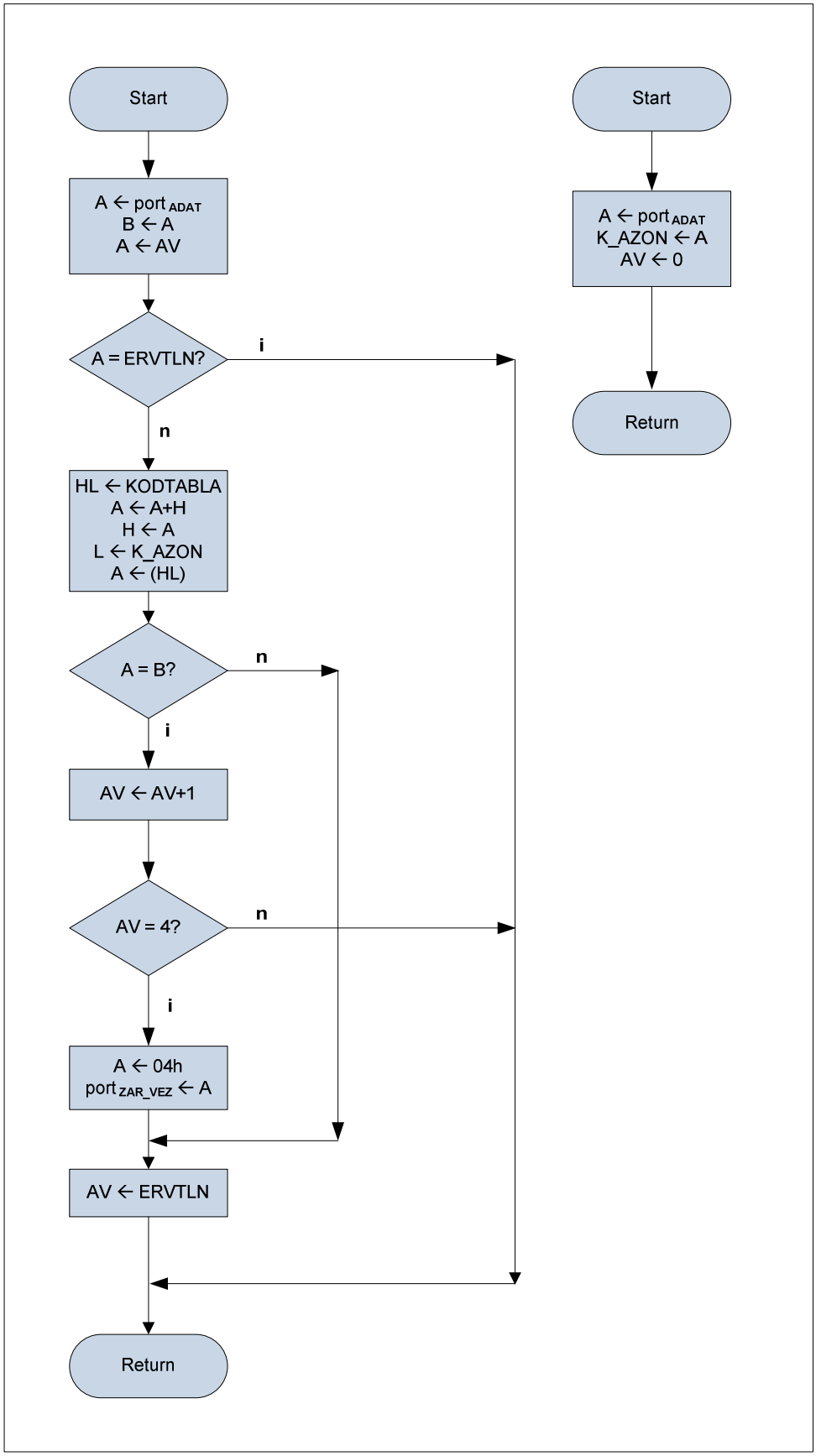
```
; hardver címek
Z_LED           EQU     1Ah             ; zöld LED portcíme
P_LED           EQU     1Bh             ; piros LED portcíme
STATUSZ         EQU     2Eh             ; beléptető periféria státusz regiszterének portcíme
ZAR_VEZ         EQU     2Eh             ; beléptető periféria zárvezérlő regiszterének portcíme
ADAT            EQU     2Fh             ; beléptető periféria adatregiszterének portcíme
;
; egyéb konstansok
HOSSZ           EQU     04              ; a belépőkártyákhoz tartozó kód hossza
KLE             EQU     00000001b       ; maszk a kártyalehúzás teszteléséhez
SZJ             EQU     00000010b       ; maszk a számjegy beütésének teszteléséhez
ZARALL          EQU     00000100b       ; maszk a zár állapotának kiolvasásához
NYISD           EQU     00000100b       ; a nyitás parancs kódja
ERVTLN          EQU     255             ; az érvénytelen állapot kódja
LAP_MER         EQU     100h            ; 256 byte, a belepőkártyák kódtáblájának laphatárra helyezéséhez
;
; változók címei
AV              EQU     2000h           ; az állapotváltozót itt taroljuk (a RAM-ban)
K_AZON  EQU             2001h           ; a kártyaazonosítót itt tároljuk
; A kódtáblát majd a programrészek után az EPROM-ban helyezzük el az értékek definiálásával!
;
; itt kezdődik a főprogram
                ORG     0000h           ; a programkód elhelyezése a 0000h kezdőcímtől
                LDI     SP,3FFFh        ; veremmutató beállítása a RAM tetejére
                LDI     A,ERVTLN        ; az érvénytelen állapot kódja
                LD      AV,A            ; állapotváltozó beállítása
; a megszakítások engedélyezésére most nincs szükség
;
; most jön a program főciklusa
FOCIKL:         IN      STATUSZ         ; a beléptető periféria állapotának kiolvasása
                MOV     B,A             ; a periféria állapotának elmentése
                ANI     ZARALL          ; zárállapot vizsgálata
                JNZ     nyitva          ; ha a D2 bit 1-es volt: nyitva van
; ha nem ugrott el, akkor tudjuk, hogy zárva van!
                LDI     A,0             ; kigyújtás
                OUT     P_LED           ; piros LED világítson
                LDI     A,1             ; kioltás
                OUT     Z_LED           ; zöld LED ne világítson
                JMP     TOV1            ; további vizsgálatokra van szükség...
NYITVA:         LDI     A,0                     ; kigyújtás
                OUT     Z_LED           ; zöld LED világítson
                LDI     A,1             ; kioltás
                OUT     P_LED           ; piros LED ne világítson
TOV1:           MOV     A,B             ; periféria elmentett állapotának visszatöltése
                ANI     KLE             ; kártyalehúzás jött?
                JZ      TOV2            ; ha nem: további vizsgálat...
                CALL    KLEHUZ          ; igen: meghívjuk a szubrutint
                JMP     FOCIKL          ; ekkor már számjegy nem jöhetett...
TOV2:           MOV     A,B             ; periféria elmentett állapotának visszatöltése
                ANI     SZJ             ; számjegy jött?
                JZ      FOCIKL          ; ha nem: folytatjuk a főciklust
                CALL    SZAMJ           ; igen: meghívjuk a szubrutint
                JMP     FOCIKL          ; folytatjuk a főciklust
;
```

.


Start
AV ← ERVTLN
A ← port STATUSZ
B ← A
Nyitva?
i
n
port P_LED ← 0
Port Z_LED ← 1
port P_LED ← 1
port Z_LED ← 0
Kártya-
lehúzás?
n
Számjegy?
n
i
i
Szubrutin
KLEHUZ
Szubrutin
SZAMJ

Módosított priféria kezelés - szubrutinok

```
; most jönnek a szubrutinok
;
; számjegy érkezésének feldolgozása
SZAMJ:          IN      ADAT            ; számjegy kiolvasása
                LD      B,A             ; a számjegy mentése
                LD      A,AV            ; állapotváltozó betöltése
                CPI     ERVTLN          ;
                JZ      SZ_VEG          ; ha érvénytelen, akkor nincs további teendőnk
; az AV értéke szükségképpen a [0,HOSSZ-1] intervallumba esik (lásd később: HOSSZ tesztelése)
; a várt számjegy a KODTABLA+LAP_MER*AV+K_AZON címen van, készítsük el a címet!
                LD      HL,KODTABLA     ; kódtábla kezdőcíme, a laphatárra helyezés miatt L érteke 0
                ADD     H               ; A:=A+H, túlcsordulás tudjuk, hogy nem lesz!
                LD      H,A             ; A KODTABLA-ban az (AV). lapon keressük a ...
                LD      L,K_AZON        ; ... (K_AZON) értéket
                LD      A,(HL)          ; a várt számjegy kiolvasása indirekt címzéssel
                CMP     B               ; fent B-be mentettük a beérkezett számjegyet
                JNZ     ROSSZJ          ; hibás a beütött számjegy
; a beütött számjegy helyes volt, ezért AV 1-gyel nő:
                LD      A,AV
                INC     A
                LD      AV,A
                CPI     HOSSZ           ; elértük-e már a kódsorozat hosszát?
                JNZ     SZ_VEGE         ; még nem
; ha mar elértük: nyitunk + AV:=ERVTLN
NYITAS:         LDI     A,NYISD         ; nyitás parancs kódja
                OUT     ZARVEZ          ; parancs kiadása
ROSSZJ:         LDI     A, ERVTLN       ; az új állapot: érvénytelen
                LD      AV,A            ; állapot eltárolása
SZ_VEG:         RET                     ; visszatérés a szubrutinból
; kártyalehúzás feldolgozása
KLEHUZ:         IN      ADAT            ; belépőkártya kódjának kiolvasása
                LD      K_AZON,A        ; kártyakód eltárolása
                LDI     A,0             ; ez lesz az új állapot
                LD      AV,A            ; állapotváltozó beállítása
                RET                     ; visszatérés a szubrutinból
;
; A kódtáblát laphatárra helyezzük az alábbi apró trükkel:
                ORG     ($+LAP_MER-1) AND NOT (LAP_MER-1)
KODTABLA:       DB      1, 4, 5, 2, 3, 4, 7, 8, 8, 0, 2, 3, 6, 2, 4, 9
                DB      4, 4, 3, 1, 7, 8, 0, 1, 3, 6, 4, 1, 4, 7, 6, 5
                DB      ...
; összesen 64 sor, soronként 16 értékkel, azaz 64x16=1024=4x256 db számjegy
;
                END                     ; ez a direktíva jelzi, hogy vége a fordításnak
```


Start
A ← port ADAT
B ← A
A ← AV
A = ERVTLN?
i
n
HL ← KODTABLA
A ← A+H
H ← A
L ← K_AZON
A ← (HL)
A = B?
n
i
AV ← AV+1
AV = 4?
n
i
A ← 04h
port ZAR_VEZ ← A
AV ← ERVTLN
Return
Start
A ← port ADAT
K_AZON ← A
AV ← 0
Return

További kérdések önálló feldolgozásra

1. Hogyan módosítaná a hardvert, ha a 2000h címre nem 8 kB, hanem 16 kB RAM-ot kellene illesztenie?
2. Milyen megoldást választana, ha a feladat úgy szólna, hogy a LED-eknek akkor kell világítani, ha vezérlésükhöz használt perifériacím 0. bitjére utoljára logikai 1 értéket írtunk és nem világítani, ha 0 értéket írtunk?
3. Hogyan tudná egyszerűsíteni a hardvert, ha előre tudjuk, hogy a piros és a zöld LED állapota mindig egymással ellentétes?
4. A megszakításos és az állapotolvasásos megoldás közül melyiket biztosan nem lehet megvalósítani RAM nélkül? Miért?
5. Hogyan tudná a másikat megvalósítani RAM nélkül? (Mit, hova helyezne el?)
6. Hogyan módosítaná a programot, ha a KODTABLA nem illeszkedne laphatárra? (A kritikus számításhoz használjon bites műveleteket, a mnemonikokat értelemszerűen állapítsa meg!)
7. Hogyan módosulna a fenti számítás akkor, ha a KODTABLA (mint kétdimenziós tömb) indexeit felcserélnénk, azaz a 4db 256 bájt méretű tömb helyett 256 db 4 bájtos tömb lenne? (Legelőször a j=0 kártyaazonosítóhoz tartozó 0., 1., 2. és 3 számjegy, aztán a j=1-hez tartozó 4 számjegy, ... végül a j=255-höz tartozó 4 számjegy szerepelne benne.)

Esettanulmány II.: Beléptető rendszer tervezése mikrokontrollerrel (8051 típusú mikrokontroller)

Beléptető rendszer programja

```
;untitled.asm:                  belepteto rendszer ATMEL AT89C51 mikrovezerlovel
;Kesztitette:                   Pivoda Attila, QJSR0Y
;Datum:                         2014. november 26

;==========0 cimrol elugrunk a program kezdetere 100H-ra=========
                    ORG                             0
                    AJMP                        0100H

;==========Interrupt vektor, ugras az interrupt kezelesre==========
                    ORG                         0003H   ;IE0 interrupt vektor
                                                        ;megszakitas tiltasa amig nem kezeljuk
                    CLR         EA                      le
                    AJMP        INTE                    ;0200H cimre ugrunk

;==========Itt kezdodik a foprogram==============
                    ORG                         0100H

;==========szimbolumok definialasa==========
;==========PORTOK===============
P_RD                EQU         P1.0                    ;periferia RD laba a P1.0-n
P_WR                EQU         P1.1                    ;periferia WR laba a P1.1-en
P_CD                EQU         P1.2                    ;periferia C/D laba a P1.2-n
P_DATA              EQU         P2                      ;periferia DATA portjaa P2-ra kapcsolva
LED_Z               EQU         P1.3                    ;zold led a P1.3-n
LED_P               EQU         P1.4                    ;piros led a P1.4-n

;=========VALTOZOK==============
AV                  EQU                         000H    ;Allapotvaltozo a 0x00 memoriacimen
K_AZON              EQU                         001H    ;Kartyaazonositot a 0x01 cimen taroljuk

;=========Konstansok============
HOSSZ               EQU                           4     ;PIN hossza
KLE                 EQU                  00000001b      ;kartyalehuzas tesztelesehez MASZK
SZJ                 EQU                  00000010b      ;szamjegy teszteles
ZARALL              EQU                  00000100b      ;zar allapot maszk
NYISD               EQU                  00000100b      ;nyitas parancs
ERVTLN              EQU                         255     ;ervenytelen kodja



;==========inicializalas====================

                    MOV         AV, #ERVTLN             ;allapotvaltozo beallitasa ervenytelenre
```

```
                ;===========Interrupt beallitas==============
                SETB    EA                      ;interrupt engedelyezese, IE.7 bit
                SETB    EX0                     ;kulso interrupt 0 engelyezese, itt van a
                SETB    IT0                     ;kulso megszakitas lefutol elre aktiv
periferia int laba, IE.0
;=====FOCIKLUS, zar allapotanak ellenorzese=====
FOCIKL:         LCALL   OLVAS_CD
                ANL     A, #ZARALL              ;zar allapot teszteles
                JNZ     NYITVA                  ;ha az A nem 0 akkor nyitva van, ugras

                ;===ZARVA====
                CLR     LED_P                   ;Piros led kigyujtasa
                SETB    LED_Z                   ;Zold led kioltasa
                AJMP    FOCIKL                  ;visszaugrunk a nyitott allapot elott

                ;===NYITVA===
NYITVA:         SETB    LED_P                   ;Piros led kioltasa
                CLR     LED_Z                   ;Zold led kigyujtasa
                AJMP    FOCIKL                  ;kezdjuk elolrol az allapotolvasast
;---------------Fociklus vege---------------

;==========Megszakitas kezeles=======
                org                     0200H
INTE:           PUSH    ACC                     ;lementjuk az akkumulator tartalmat a
;verembe
                CLR     IE0                     ;interrupt flag torlese, kezeltuk a
;megszakitast
                LCALL   OLVAS_CD                ;allapot olvasasa, kartyalehuzas vagy
;szamjegy
                ANL     A, #KLE                 ;kartyalehuzas tesztelese
                JNZ     LEHUZ                   ;kartyalehuzas tortent, ugras
                                                ;ha nem kartyalehuzas akkor biztosan
;szamjegy
                ;=====szamjegy==========
                LCALL   OLVAS_DATA              ;szamjegy beolvasasa DATA modban
                MOV     B,A                     ;szamjegy mentese
                                                ;allapotvaltozo betoltese A-
                MOV     A, AV                   ba
                                                ;ha az allapot ervenytelen, akkor
                CJNE    A, #ERVTLN, SZAMH       ugrunk,
;ha nem akkor folytatjuk a beolvasott szam osszehasonlitasaval
                AJMP    IT_VEGE                 ;ha ervenytelen volt akkor kilepunk

                ;=======Szamjegy ellenorzes ROM-bol============

SZAMH:          MOV     DPTR, #KODTABLA         ;DATA pointer registert hasznaljuk 16
```

```
                                                    ;bites regiszternek
                    ADD     A, DPH                  ;A-hoz hozzadjuk a felso byte-ot
                    MOV     DPH, A                  ;felso byte-hoz hozzadtuk az allapotot
                    MOV     A, K_AZON               ;also byte a kartya azonositojat 0..255
                                                    ; hozzadjuk A-hoz
                                                    ;szamjegy kiolvasasa az
                    MOVC    A, @A+DPTR              adatmemoriabol
                    ;DPTR+A cimrol olvasunk
                    CJNE    A, B, ROSSZJ            ;a beolvasott es adatmemoriaban levo
                    AJMP    HELYES                  ;szamjegy osszehasonlitasa, ugras
;ha nem egyezik
                    ;=====HELYES=======
HELYES:             INC     AV                      ;AV novelese
                    MOV     A, AV                   ;AV A-ba masolasa
                    CJNE    A, #HOSSZ, IT_VEGE      ;ha nem ertuk el a 4. szamjegyet,
;kilepunk
                    ;========Nyitas=======
NYITAS:             CLR     P_CD                    ;periferia COMMAND mod
                    SETB    P_RD                    ;iras mod
                    CLR     P_WR                    ;iras bekapcsolasa
                    MOV     P_DATA, #NYISD          ;zar kinyitasa
                    SETB    P_RD                    ;olvasas kikapcs
                    SETB    P_WR                    ;iras kikapcs
;AV-t ervenytelenbe allitjuk mindenkepp
ROSSZJ:             MOV     AV, #ERVTLN
                    AJMP    IT_VEGE                 ;kilepunk

                    ;=========Lehuzott kartya kod beolvasasa==========
LEHUZ:              LCALL   OLVAS_DATA              ;kartyakod beolvasasa DATA mod
                    MOV     K_AZON,A                ;kartyaazonosito mentese
                    MOV     AV, #000H               ;0 az uj allapot



IT_VEGE:            POP     ACC                     ;Akkumulator tartalmat eloszedjuk a
;verembol
                    SETB    EA                      ;interrupt engedelyezese ujgra
                                                    ;visszatesres a
                    RETI                            megszakitasbol



;===========Periferia olvasas==========
;===========DATA mod==============
OLVAS_DATA:         SETB    P_CD                    ;periferia DATA mod
                    CLR     P_RD                    ;olvasas mod
                    SETB    P_WR                    ;iras kikapcsolasa
                    MOV     P_DATA, #0FFH           ;P_DATA bemenetre allitasa
                    MOV     A, P_DATA               ;Kartyakod beolvasasa
```

```
                SETB    P_RD                        ;iras, olvasas kikapcsolasa
                SETB    P_WR                        ;iras kikapcsolasa
                RET

;============COMMAND mod============
OLVAS_CD:       CLR     P_CD                        ;periferia COMMAND mod
                CLR     P_RD                        ;olvasas mod
                SETB    P_WR                        ;iras kikapcsolasa
                MOV     P_DATA, #0FFH               ;P_DATA bemenetre allitasa
                MOV     A, P_DATA                   ;Periferia olvasas, mentes A-ba
                SETB    P_RD                        ;iras, olvasas kikapcsolasa
                SETB    P_WR                        ;iras kikapcsolasa
                RET



;===========KODTABLA==============
                ORG                         0C00H   ;az adatmemoria vegere tesszuk a PIN
;kodokat 64 sor es 16 oszlop kell
KODTABLA:       DB      1, 4, 5, 2, 3, 4, 7, 8, 8, 0, 2, 3, 6, 2, 4, 9
                DB      4, 4, 3, 1, 7, 8, 0, 1, 3, 6, 4, 1, 4, 7, 6, 5
                DB      1, 4, 5, 2, 3, 4, 7, 8, 8, 0, 2, 3, 6, 2, 4, 9
                DB      4, 4, 3, 1, 7, 8, 0, 1, 3, 6, 4, 1, 4, 7, 6, 5
                DB      1, 4, 5, 2, 3, 4, 7, 8, 8, 0, 2, 3, 6, 2, 4, 9
                DB      4, 4, 3, 1, 7, 8, 0, 1, 3, 6, 4, 1, 4, 7, 6, 5
                DB      1, 4, 5, 2, 3, 4, 7, 8, 8, 0, 2, 3, 6, 2, 4, 9
                DB      4, 4, 3, 1, 7, 8, 0, 1, 3, 6, 4, 1, 4, 7, 6, 5
                DB      1, 4, 5, 2, 3, 4, 7, 8, 8, 0, 2, 3, 6, 2, 4, 9
                DB      4, 4, 3, 1, 7, 8, 0, 1, 3, 6, 4, 1, 4, 7, 6, 5
                DB      1, 4, 5, 2, 3, 4, 7, 8, 8, 0, 2, 3, 6, 2, 4, 9
                DB      4, 4, 3, 1, 7, 8, 0, 1, 3, 6, 4, 1, 4, 7, 6, 5
                DB      1, 4, 5, 2, 3, 4, 7, 8, 8, 0, 2, 3, 6, 2, 4, 9
                DB      4, 4, 3, 1, 7, 8, 0, 1, 3, 6, 4, 1, 4, 7, 6, 5
                DB      1, 4, 5, 2, 3, 4, 7, 8, 8, 0, 2, 3, 6, 2, 4, 9
                DB      4, 4, 3, 1, 7, 8, 0, 1, 3, 6, 4, 1, 4, 7, 6, 5
                DB      1, 4, 5, 2, 3, 4, 7, 8, 8, 0, 2, 3, 6, 2, 4, 9
                DB      4, 4, 3, 1, 7, 8, 0, 1, 3, 6, 4, 1, 4, 7, 6, 5
                DB      1, 4, 5, 2, 3, 4, 7, 8, 8, 0, 2, 3, 6, 2, 4, 9
                DB      4, 4, 3, 1, 7, 8, 0, 1, 3, 6, 4, 1, 4, 7, 6, 5
                DB      1, 4, 5, 2, 3, 4, 7, 8, 8, 0, 2, 3, 6, 2, 4, 9
                DB      4, 4, 3, 1, 7, 8, 0, 1, 3, 6, 4, 1, 4, 7, 6, 5
                DB      1, 4, 5, 2, 3, 4, 7, 8, 8, 0, 2, 3, 6, 2, 4, 9
                DB      4, 4, 3, 1, 7, 8, 0, 1, 3, 6, 4, 1, 4, 7, 6, 5
                DB      1, 4, 5, 2, 3, 4, 7, 8, 8, 0, 2, 3, 6, 2, 4, 9
                DB      4, 4, 3, 1, 7, 8, 0, 1, 3, 6, 4, 1, 4, 7, 6, 5
                DB      1, 4, 5, 2, 3, 4, 7, 8, 8, 0, 2, 3, 6, 2, 4, 9
```

```
DB      4, 4, 3, 1, 7, 8, 0, 1, 3, 6, 4, 1, 4, 7, 6, 5
DB      1, 4, 5, 2, 3, 4, 7, 8, 8, 0, 2, 3, 6, 2, 4, 9
DB      4, 4, 3, 1, 7, 8, 0, 1, 3, 6, 4, 1, 4, 7, 6, 5
DB      1, 4, 5, 2, 3, 4, 7, 8, 8, 0, 2, 3, 6, 2, 4, 9
DB      4, 4, 3, 1, 7, 8, 0, 1, 3, 6, 4, 1, 4, 7, 6, 5
DB      1, 4, 5, 2, 3, 4, 7, 8, 8, 0, 2, 3, 6, 2, 4, 9
DB      4, 4, 3, 1, 7, 8, 0, 1, 3, 6, 4, 1, 4, 7, 6, 5
DB      1, 4, 5, 2, 3, 4, 7, 8, 8, 0, 2, 3, 6, 2, 4, 9
DB      4, 4, 3, 1, 7, 8, 0, 1, 3, 6, 4, 1, 4, 7, 6, 5
DB      1, 4, 5, 2, 3, 4, 7, 8, 8, 0, 2, 3, 6, 2, 4, 9
DB      4, 4, 3, 1, 7, 8, 0, 1, 3, 6, 4, 1, 4, 7, 6, 5
DB      1, 4, 5, 2, 3, 4, 7, 8, 8, 0, 2, 3, 6, 2, 4, 9
DB      4, 4, 3, 1, 7, 8, 0, 1, 3, 6, 4, 1, 4, 7, 6, 5
DB      1, 4, 5, 2, 3, 4, 7, 8, 8, 0, 2, 3, 6, 2, 4, 9
DB      4, 4, 3, 1, 7, 8, 0, 1, 3, 6, 4, 1, 4, 7, 6, 5
DB      1, 4, 5, 2, 3, 4, 7, 8, 8, 0, 2, 3, 6, 2, 4, 9
DB      4, 4, 3, 1, 7, 8, 0, 1, 3, 6, 4, 1, 4, 7, 6, 5
DB      1, 4, 5, 2, 3, 4, 7, 8, 8, 0, 2, 3, 6, 2, 4, 9
DB      4, 4, 3, 1, 7, 8, 0, 1, 3, 6, 4, 1, 4, 7, 6, 5
DB      1, 4, 5, 2, 3, 4, 7, 8, 8, 0, 2, 3, 6, 2, 4, 9
DB      4, 4, 3, 1, 7, 8, 0, 1, 3, 6, 4, 1, 4, 7, 6, 5
DB      1, 4, 5, 2, 3, 4, 7, 8, 8, 0, 2, 3, 6, 2, 4, 9
DB      4, 4, 3, 1, 7, 8, 0, 1, 3, 6, 4, 1, 4, 7, 6, 5
DB      1, 4, 5, 2, 3, 4, 7, 8, 8, 0, 2, 3, 6, 2, 4, 9
DB      4, 4, 3, 1, 7, 8, 0, 1, 3, 6, 4, 1, 4, 7, 6, 5
DB      1, 4, 5, 2, 3, 4, 7, 8, 8, 0, 2, 3, 6, 2, 4, 9
DB      4, 4, 3, 1, 7, 8, 0, 1, 3, 6, 4, 1, 4, 7, 6, 5
DB      1, 4, 5, 2, 3, 4, 7, 8, 8, 0, 2, 3, 6, 2, 4, 9
DB      4, 4, 3, 1, 7, 8, 0, 1, 3, 6, 4, 1, 4, 7, 6, 5
DB      1, 4, 5, 2, 3, 4, 7, 8, 8, 0, 2, 3, 6, 2, 4, 9
DB      4, 4, 3, 1, 7, 8, 0, 1, 3, 6, 4, 1, 4, 7, 6, 5
DB      1, 4, 5, 2, 3, 4, 7, 8, 8, 0, 2, 3, 6, 2, 4, 9
DB      4, 4, 3, 1, 7, 8, 0, 1, 3, 6, 4, 1, 4, 7, 6, 5
DB      1, 4, 5, 2, 3, 4, 7, 8, 8, 0, 2, 3, 6, 2, 4, 9
DB      4, 4, 3, 1, 7, 8, 0, 1, 3, 6, 4, 1, 4, 7, 6, 5
DB      1, 4, 5, 2, 3, 4, 7, 8, 8, 0, 2, 3, 6, 2, 4, 9
DB      4, 4, 3, 1, 7, 8, 0, 1, 3, 6, 4, 1, 4, 7, 6, 5

END
```

Beléptető rendszer: Kapcsolási rajz