

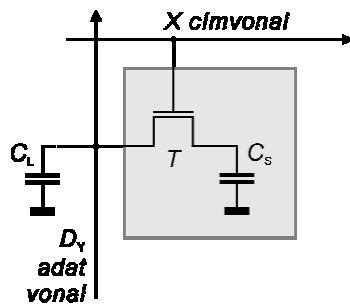


## A PC – vagyis a személyi számítógép

IX. rész

### 1.2. Dinamikus RAM memóriák (DRAM – Dinamic RAM)

A dinamikus memóriák jellegzetessége a nagy tárolókapacitás és ehhez viszonyítottan alacsony ár. Az információt egy integrált áramkörti kondenzátor tárolja. A régebbi típusú dinamikus memóriák tárolócelláiban a kondenzátor mellett még három tranzisztor is található. A jelenlegi cellák a tárolókondenzátoron kívül csak egy tranzisztort tartalmaznak. Így egy adott felületű chip-en, cellánként kevesebb áramkörti alkatrészrel nagyobb kapacitású memória valósítható meg.



1. ábra

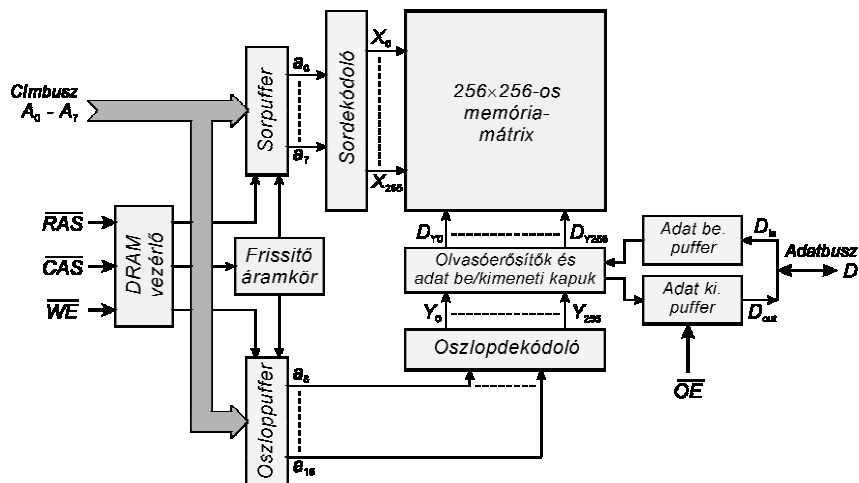
Egytranzisztoros dinamikus RAM tárolócella

Az egytranzisztoros dinamikus tárolócella kapcsolását az 1. ábrán láthatjuk. A  $C_s$  kondenzátor feltöltött állapotban 1-et tárol, míg kisütött állapotban 0-át. Az  $X$  címvonallal vezérelt  $T$  tranzisztor a tárolókondenzátort a megfelelő oszlop  $Y$  adatvonalára kapcsolja. Adatkiolvasáskor számolni kell az  $Y$  adatvonal és a földpotenciálon levő substrat közötti parazita kapacitással. Ez a kapacitás, amelyet  $C_L$ -el jelölünk leterheli a  $C_s$  tárolókondenzátort.

Legyen a feltöltött tárolókondenzátor feszültsége  $V_1$ , akkor az oszlop végén ez a feszültség  $V_1(C_s/C_L)$  értékűre csökken. Minél nagyobb tárolókapacitású egy memória, annál nagyobb felületű a memóriamátrixa és annál nagyobb az adatvonal  $C_L$  kapacitása a tárolókondenzátor  $C_s$  kapacitásához képest. Ezért az oszlop végén logikai 1 jelszinhez képest igen kis jelet kapunk (10...100 mV), amelyet az ún. olvasóerősítő erősít fel.

Feltöltött állapotban levő tárolókondenzátor mind a saját, mind a lezárt tranzisztor veszteségi ellenállásán keresztül folyamatosan sül ki. A töltés teljes elvesztését a kondenzátor időnkénti újratöltésével, vagyis az ún. felfrissítésével (refresh) kerülik el. A frissítési művelet tulajdonképpen a tárolt információ kiolvasása és az azonos cellába való újírása, amelyet a memória frissítő erősítői végeznek el. A memóriamátrix minden egyes oszlopa egy-egy frissítő erősítővel van ellátva. Amikor memóriamátrix egyik sorát megcímezzük, akkor az egész sor cellái automatikusan felfrissülnek. Az egész memória felfrissítése a memória összes sorának a felfrissítéséből áll. Minél nagyobb kapacitású a tárolókondenzátor és minél jobb minőségű a dielektrikuma, annál gyérebben kell frissítést végrehajtani. A dinamikus memóriák tárolókondenzátorának szokásos

kapacitása  $C_s = 25\text{-}30$  fF (1 femto Farad =  $10^{-15}$  Farad). Nagyobb kapacitású tárolókondenzátort újabban  $\text{Ta}_2\text{O}_5$  alapú szigetelővel sikerült elérni.



2. ábra Dinamikus RAM (DRAM) belső vázlatos felépítése

Az 2. ábra egy  $65536 \times 1$  bites DRAM egyszerűsített tömbvázlatát szemlélteti. A tárolócellák egy  $256 \times 256$  négyzetes mátrixban vannak elhelyezve. A dinamikus memóriák multiplexelt címzési módszert igényelnek. A címet a memória időben nem veheti át egyszerre mint a statikus memóriáknál, hanem két részletben. A bemutatott dinamikus memóriában levő  $65536$  cella megcímzésére egy  $16$  bites címszó szükséges ( $2^{16} = 65536$ ), amelyet az  $A_7 \dots A_1 A_0$  címbemenetekén keresztül két egyenlő  $8$  bites részletben kell megadni. Az első rész a sorcím (Row Address), a második pedig az oszlopcím (Column Address). A teljes  $16$  bites címet két  $8$  bites puffer tárolja, az egyik a sorpuffer a másik pedig az oszloppuffer. A puffer (buffer, latch) egy olyan egyszerű statikus memória, amely egy szót képes tárolni. A tárolást a szó hossza által meghatározott számú  $D$  flip-flop végzi. Az adatbeírást a flip-flopok közös órajele vezérli. Ennek hatására mindegyik flip-flop a  $D$  adatbemenetén levő bit értékét átveszi és a következő órajelig megtartja. A pufferek órajeleit a dinamikus memória vezérlő áramköre állítja elő  $\overline{RAS}$  (Row Address Strobe) sorcím-beíró jelből,  $\overline{CAS}$  (Column Address Strobe) oszlopcím-beíró jelből és  $\overline{WE}$  (Write Enable) adatbeírás-engedélyező jelből.  $\overline{RAS}$  jel hatására a vezérlő áramkör beírja a sorcímét (a cím kisebb helyiértékű  $8$  bitjét) a sorpufferbe és vezérli a sordekódolót a megfelelő sor kijelölése végett.  $\overline{CAS}$  jel hatására az oszlopcímét (a cím nagyobb helyiértékű  $8$  bitjét) írja be az oszloppufferbe és vezérli az oszlopdekódolót a megfelelő oszlop kijelölése végett. A kijelölt sor és oszlop találkozásánál levő cella hozzáférhetővé válik adatbeírás, adatkiolvasás és felfrissítés számára is. Az adatbeírást  $\overline{WE} = 0$ , míg a kiolvasást  $\overline{WE} = 1$  határozza meg. A kimenet csak akkor válik aktívvá, ha  $\overline{OE}$  (Output Enable) adatkimenet-engedélyező vezérlőjel logikai  $0$  szinten van, egyébként a harmadik, nagyimpedanciás állapotban található. A  $\overline{RAS}$  és  $\overline{CAS}$  órajelek megfelelően kombinációja egy megcímzett sor felfrissítését

teszi lehetővé. Az egész memóriamátrix felfrissítése az összes 256 sor felfrissítéséből áll. A dinamikus RAM vezérlőjelei között fenálló bonyolult időbeni összefüggést, amelynek a betartása hardver tervezésnél elengedhetetlen, az adatlapok részletes tanulmányozásával ismerhetjük meg.

Frissítési művelet alatt a memória tartalma nem hozzáférhető. A frissítés interferálhat a mikroprocesszor író és olvasó ciklusaival és ekkor a mikroprocesszornak várnia kell. Ezt a nemkívánatos időkiesést úgy kerüljük el, hogy a frissítést csak azokban az időintervallumokban hajtják végre, amelyekben a memória nincs sem kiolvasás, sem beírás alatt. Ez természetesen bonyolultabb frissítésvezérlő áramkört igényel, mint a szabályos időközönként végrehajtott felfrissítés esetében.

A régebbi típusú DRAM memóriák író-, olvasó- és frissítési ciklusait el lehetett végezni függetlenül a számítógép órajelétől. Ezek az ún. *aszinkron dinamikus memóriák* (*FPM DRAM* – Fast Page Mode DRAM, *EDO DRAM* – Extended Data Output DRAM), amelyek a kisebb órajelfrekvenciájú számítógépnél megfelelően működtek. A korszerű, nagyobb órajelfrekvenciájú számítógépnél *szinkron dinamikus memóriákat* (*SDRAM* – Synchronous DRAM) használnak. Ezeknél az író-, olvasó- és frissítési ciklusokat csakis a számítógép órajelével szinkronban lehet végrehajtani. A hozzáférési idő elveszíti a jelentőségét és csak a buszrendszer legnagyobb frekvenciáját szokták megadni. A legújabb típusú dinamikus memória (*DDR SDRAM* – Double Data Rate SDRAM) kétszeres sebességre képes, mivel az órajel nemcsak felfutó-, hanem lefutó élénél is hozzáférhető.

## 2. Csak olvasható memóriák (ROM)

A csak olvasható memóriákat (ROM – Read Only Memory) fix memóriáknak is nevezik. A bennük rögzített információt csak kiolvasni lehet. A ROM memóriák véletlenszerű hozzáférésűek. Az információ rögzítése egyes ROM típusoknál történhet a gyártási folyamat alatt, míg másoknál felhasználásuk előtt. A tápfeszültség kikapcsolásával a ROM-ban rögzített információ megmarad.

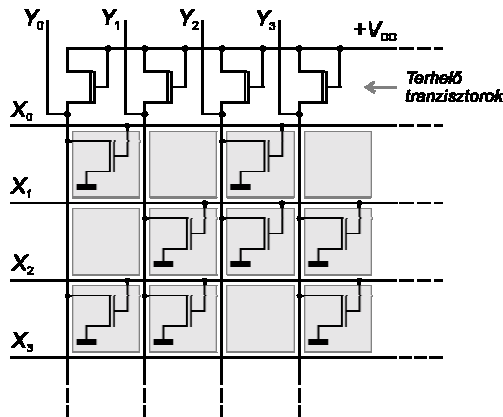
Egy ROM memóriában található a számítógép egyik legfontosabb programrészkeletét, a BIOS-t (*B*asic *I*nput/*O*utput *S*ystem) – az alapvető be- és kimeneti rendszert. Amikor a számítógépet megindítjuk, akkor a mikroprocesszor első sorban is a BIOS-t hajtja végre. Elnevezése csak részben tükrözi a szerepét. A BIOS két részből áll. Első része azonnal fut miután bekapcsoltuk a gépet és csak egyszer kerül végrehajtásra. Ez a programrész beállítja a gép összes egységének a működéséhez szükséges kezdeti feltételeket (inicializálás) valamint megvizsgálja a működőképességüket (letesztelés). A BIOS második része olyan rutinokat tartalmaz, amelyek közvetlenül vezérlik a gép különböző egységeit, főleg a be- ill. kimeneti egységeket. Ezáltal biztosítja ezeknek belső működését. A BIOS utoljára az operációs rendszert tölti be, amely a továbbiakban a BIOS rutinjaival vezérli a gépet. Tulajdonképpen a BIOS egy olyan programkészlet, amely a különböző számítógépek hardverjét egy azonos operációs rendszerhez illeszti. Vagyis a BIOS-nak köszönhető, hogy különböző áramköri alaktrészekből felépülő számítógépekre ugyanazt az operációs rendszert tölthetjük fel.

A ROM áramkörök tömbvázlata majdnem minden szempontból hasonlít a RAM áramkörök tömbvázlatához. A ROM esetében is az áramkör alapvető részét a memóriamátrix képezi. A ROM tárolócella integrált áramköri felületigénye hasonlóan a dinamikus RAM memóriacellához ugyancsak kicsi.

A ROM memóriák típusai, amelyeket az alábbiakban mutatunk be részletesebben, az információ rögzítési módjára utalnak.

### 2.1. Maszkprogramozott ROM memóriák

A maszkprogramozott ROM memóriába az információt a gyártási folyamat során programozzák be és utólag már nem lehet megváltoztatni. Elnevezése onnan származik, hogy a beprogramozást a memória gyártástechnológiai folyamatában felhasznált maszkok egyikével valósítják meg. Nagy felhasználási sorozatok esetén a maszkprogramozott ROM alkalmazása a leggazdaságosabb.



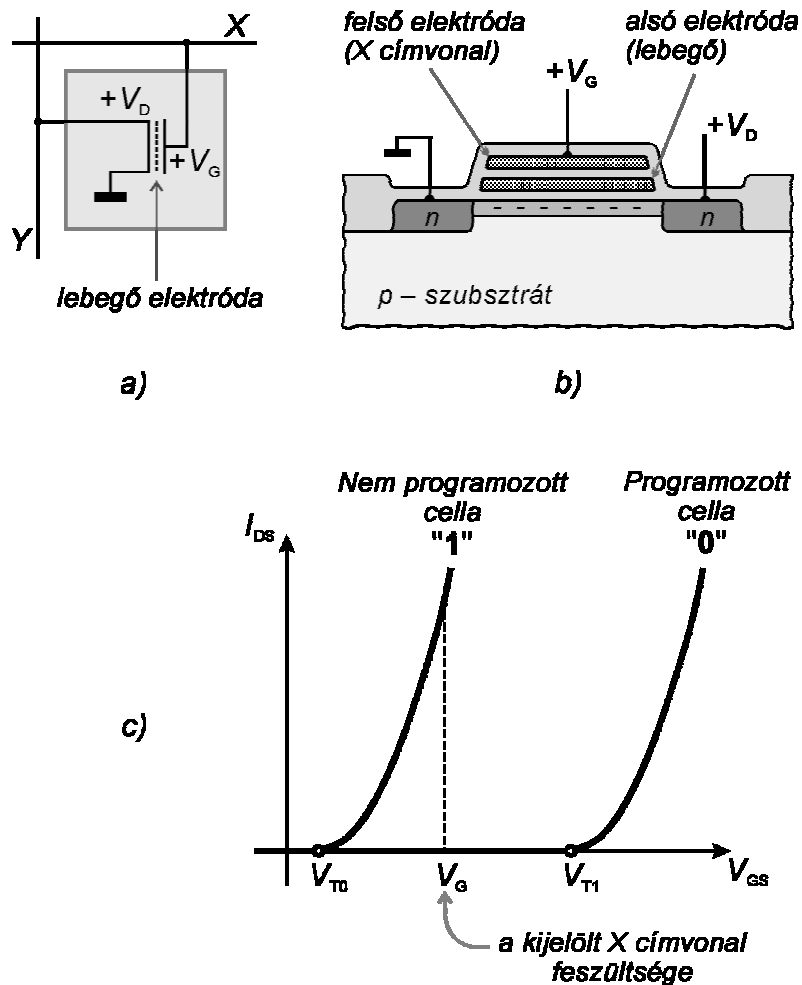
3. ábra  
Maszkprogramozott ROM – (PROM)  
memóriamátrix-részlet

A 3. ábra egy tipikus MOS maszkprogramozott ROM mátrix-részletet szemléltet. Az azonos oszlopban levő tranzisztorok közös drain-je az  $Y$  címvonalat képezi. Az  $X$  címvonal tulajdonképpen egy sorban levő tranzisztorok közös gate elektródája. Ha egy cella csatornafelülete felett levő oxidréteg vastag, akkor ennek a tranzisztornak  $V_T$  küszöbfeszültsége nagyobb a kijelölt  $X$  címvonal feszültségénél. Ezért itt vezetőcsatorna nem jöhet létre és ez a tranzisztor még akkor sem fog vezetni ha ki van jelölve. Így ez a hely tranzisztorhiánynak felel meg.

Ahol a csatornafelület felett vékony oxidréteg található, ott a tranzisztor  $V_T$  küszöbfeszültsége a kijelölt  $X$  címvonal feszültségénél kisebb. Ezért a kijelölt  $X$  címvonalra kapcsolt vékony oxidrétegű tranzisztorok vezetni fognak. A vezetésben levő tranzisztorok drain-jei közel földpotenciálón vannak, tehát az ezeknek megfelelő  $Y$  címvonalak is. A többi  $Y$  címvonalat a terhelőtranzisztorok megközelítőleg  $+V_{DD}$  szinten tartják.

### 2.2. Programozható és újraprogramozható ROM memóriák

A programozható- és az újraprogramozható ROM memóriákat ott alkalmazzák, ahol a programot néha meg kell változtatni. A programozható ROM (PROM – Programmable ROM) felhasználás előtt egyszer programozható. Ez a típusú memória csak kis felhasználási sorozatok esetén, mint például prototípusokban alkalmazható előnyösen. Mivel a számítógépekben nem használják, így a továbbiakban nem is részletezzük. Az újraprogramozható ROM (EPROM – Erasable and Programmable ROM), amint elnevezése is mutatja, többször programozható újra. Az újraprogramozás előtt a memória régi tartalmát ki kell törölni. Kétféle típusú EPROM terjedt el, az egyik ultrabolya sugárral törölhető, a másik pedig elektromosan.



4. ábra Ultraibolya sugárral törölhető EPROM (UV-EPROM)  
 a). FAMOS tranzisztoros tárolócellája  
 b). keresztmetszete  
 c). jelleggörbéje

A 4. ábrán egy ultraibolya sugárral törölhető EPROM (UV-EPROM) tárolócelláját láthatjuk. A cella egy különleges MOS tranzisztort – lebegő vezérlőelektródájú, lavina-injektálással működő MOS tranzisztort (FAMOS – Floating-gate Avalanche-injection MOS) tartalmaz. Ez a tranzisztor tulajdonképpen két polikristályos szilícium alapú vezérlőelektródával rendelkezik. Az egyik a lebegő elektróda, amely a jól szigetelő oxidrétegben, minden oldalról körülvéve, elektromos szempontból „lebeg”, vagyis nincs az áramkör többi részéhez hozzákapcsolva. A másik a vezérlőelektróda, amely a lebegő elektróda felett helyezkedik el és az X címvonalra van kötve. A cella programozása a lebegő elektróda lavainjektálásával történik. Ha a felső elektródára megfelelően elég nagy feszültséget kapcsolunk, akkor a nagy télerősség hatására a csatornában mozgó

elektronok lavinaszerűen átlélik a szilícium-szubsztrát és az oxidréteg közötti átmenet energiaküszöbét és eljutnak a lebegő elektródához. A kiváló szigetelés miatt a lebegő elektródára került töltés nagyon hosszú ideig megmarad (70 °C-on 100 év alatt kb. 5%-os a töltésvesztés). Az itt felhalmozott töltés hatására a tranzisztor küszöbfeszültsége megnő. Így a programozott cella tranzisztorának  $V_{T0}$  küszöbfeszültsége meghaladja a kijelölt  $X$  címvonalra kapcsolt feszültséget. Ezért ez a tranzisztor akkor sem vezet, ha az  $X$  címvonalra kapcsolt feszültség kijelöli ezt. A nem programozott cella tranzisztorának  $V_{T1}$  küszöbfeszültsége a kijelölt  $X$  címvonal feszültségénél kisebb, de a nem kijelölt  $X$  címvonal feszültségénél nagyobb. Így a kijelölt  $X$  címvonalra kapcsolt cellák közül csak a nem programozott cellák tranzisztorai vezetnek, és ezáltal drain feszültségük közel földpotenciálú (logikai 0). A kijelölt  $X$  címvonalra kapcsolt nemprogramozott tranzisztorok nem nyitnak ki, és ezért drain feszültségük közel a tápfeszültséggel egyenlő (logikai 1).

A cella törlése a lebegő elektródán tárolt töltés eltávolításából áll, amelyet fotoelektromos hatás segítségével oldanak meg. Az áramkört közvetlen ultraibolya ( $\lambda=0,2537 \mu\text{m}$  hullámhosszú) sugárzásnak teszik ki, amely a chiphez a tok tetején levő kvarcablakon keresztül jut el. A sugárzás hatására a lebegő elektródán tárolt elektronok energiája annyira megnövekszik, hogy elhagyják az elektródát. Törlés után a memória celláinak tartalma 1-e válik. A programozással a kívánt cella tartalma 0-ra változik.

Minden szempontból előnyösebb az elektromosan törölhető és újraprogramozható EPROM (EEPROM – Electrically Erasable and Programmable ROM). Ennek tárolócellája ugyancsak egy különleges MOS tranzisztor – FLOTOX (Floating-gate Tunnel-Oxide), és nagyon hasonlít az ultraibolya sugárral törölhető EPROM tárolócellájához. A FLOTOX cella programozása, a FAMOS cella programozásához hasonlóan, a lebegő elektróda lavinainjektálásával történik. A cella törlése az ún. Fowler-Nordheim féle tunneleffektus segítségével történik. Ha két elektróda között levő szigetelőben (ebben az esetben szilíciumdioxid) az elektromos térerősség meghalad egy kritikus szintet (kb.  $10^7 \text{ V/cm}$ ), akkor az alagúthatás következtében a negatív elektródán levő elektronok a szigetelőn keresztül eljutnak a pozitív elektródáig. Törléskor az  $X$  címvonalra kapcsolt vezérlőelektróda földpotenciált kap, a drain egy nagy pozitív potenciált (kb. 20 V-ot), és ekkor az elektronok a negatív töltésű lebegő elektródáról a vékony oxidrétegen keresztül a Fowler-Nordheim féle tunneleffektus alapján eljutnak a drain-ig. Így a lebegő elektróda elveszíti a negatív töltését – a cella kitörlődik.

A régebbi típusú számítógépek BIOS-a egy maszkprogramozott ROM áramkörben található, míg az újabbaknál egy EEPROM áramkörben. Az utóbbi lehetővé teszi, hogy a gépünk BIOS-át egy újabbal, frissítsük fel, anélkül, hogy a ROM-BIOS memóriát ki kellene cserélni.

## Irodalom

- 1] *Puskás Ferenc* : Térvezérlésű tranzisztor, Fírka 1995–96/1, 10–14.
- 2] *Tietze, U. – Ch. Schenk, Ch.* : Analóg és digitális áramkörök, Műszaki Könyvkiadó, Budapest

**Kaucsár Márton**