

# Dinamikus logikai áramkörök a mikrovezérlőkben

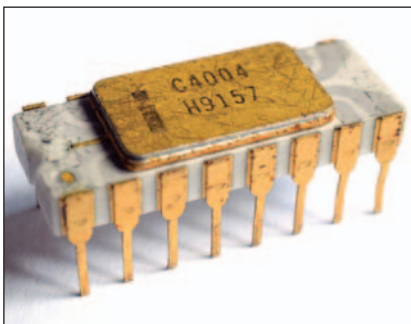
Dr. Madarász László okl. villamosmérnök, madarasz@3lan.hu

Az 1970-es évek közepén a legelső mikrovezérlők dinamikus MOS áramköri egységeket tartalmaztak, de rövidesen már csak teljesen statikus CMOS áramköröket gyártottak. Ma pedig szakmai szenzáció az új fejlesztésű, DRAM-ot tartalmazó mikrovezérlő. Hogy közben mi történt, azt foglalja össze röviden a cikk, s még az órajel frekvenciájának esetleges alsó határértékére is kitér.

## Az első mikroprocesszorok, mikrovezérlők

A mikrovezérlők időrendben a mikroprocesszorokat követően jelentek meg a digitális áramkörök színterén, sok vonatkozásban azok tulajdonságait, megoldásait örökölve. A „hagyományos” mikroprocesszorok is, a mikrovezérlők is szinkron digitális áramkörök, rendszerek: a működésük teljes mértékben ütemezett, s a működési fázisok időtartamát az áramkör órajelének a frekvenciája határozza meg.

A legelső mikroprocesszor az Intel 4004-es (1. ábra) négybités PMOS áramköre (1971-ben kezdtek forgalmazni), amit rövidesen követett a továbbfejlesztett, de szintén négybités PMOS 4040. Mindkét áramkör kétfázisú órajelének frekvenciatartománya a katalógusok szerint 500...740 kHz. Az első nyolcbites (de szintén PMOS) Intel mikroprocesszor, a 8008 már kicsit gyorsabb volt, az órajel-frekvenciája 500...800 kHz közötti lehetett. Az első NMOS Intel mikroprocesszort, az 1974-ben piacra került 8080A-t (2. áb-

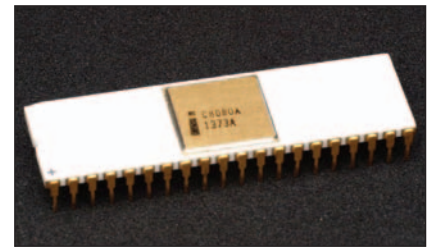


1. ábra

ra) 0,5...2 MHz közötti, kétfázisú órajellekkel lehetett működtetni (a későbbi 8080A-2 esetén a működési tartomány 0,5...2,6 MHz, a 8080A-1 változatnál 0,5...3,1 MHz volt). A továbbfejlesztett mikroprocesszor, a 8085 0,5...3 MHz közötti órajellekkel működtethető (ha valahol 1...6 MHz tartománnyal találkozunk, annak az az oka, hogy a beépített oszcillátor-áramkörhöz az utóbbi frekvenciájú külső rezgőkvarcot lehetett csatlakoztatni, mert a belső működés a kvarcoszcillátor frekvenciájának a felével valósult meg).

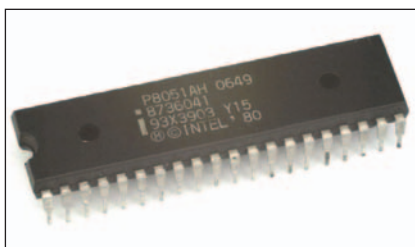
Időközben megjelentek az első mikrovezérlők is, melyek egyik alapvető jellemzője a beépített órajel-generátor. Ezt általában többféle üzemmódban lehetett használni, így pl. külső rezgőkvarccal is. Az i8048 család (nyolcbites, NMOS mikrovezérlők) órajelének frekvenciatartománya 67...700 kHz volt, a rendkívül sikeres következő generációé, a 8051-é (szintén nyolcbites, NMOS áramkörök) már 3,5...12 MHz (3. ábra).

Az, hogy a működési frekvenciának felső korlátja van, teljesen természetes számunkra. Egy nagyintegráltságú (LSI) áramkör esetében az alkalmazott áramköri technológián kívül a fizikai méretek, az ezekből adódó átviteli késleltetések korlátozzák a működési sebességet, valamint a csip melege. Viszont az összes felsorolt áramkör esetében az órajelnek minimális frekvenciája is van! Ennek mi lehet az oka?



2. ábra

A hajdani LSI áramkörökön kialakított PMOS, NMOS logikai áramkörök és adattároló regiszterek nem voltak képesek akármilyen lassan működni. Ezeknél az áramköröknél a minimális helyigény érdekében dinamikus működésű logikai hálózatokat, tárolókat alkalmaztak. Ezek működtetéséhez órajelre volt szükség, az órajel lelassulása vagy hiánya a logikai részletek hibás működéséhez, a tárolók adatvesztéséhez vezetett. A statikus és a dinamikus megoldású áramköri részletek helyigénye a szilícium felületen jelentősen eltér! Egy D tároló kétfázisú dinamikus MOS tranzisztoros kialakításához pl. 6-10 tranzisztor is elegendő lehet az LSI áramkörben, a statikus kivételhez 18-20 tranzisztort kell beépíteni. Innen adódott a PMOS és NMOS mikroprocesszorok, mikrovezérlők belső részleteinek dinamikus kialakítása. Ezeknél az áramköröknél a működés alapfeltétele az órajel jelenléte és folyamatos beérkezése, s az óraciklus nem lehetett egy minimális időtartamnál hosszabb. Ezért tartalmazzák a katalógusok ezeknél az áramköröknél az órajel alsó frekvenciakorlátját.



3. ábra

A dinamikus logikai áramkörök sajátossága az is, hogy többfázisú órajelet igényelnek a működésükhöz. A legelső dinamikus logikai hálózatok négyfázisú órajellel működtek, az LSI áramköröknél a PMOS-NMOS korszakban a kétfázisú megoldások terjedtek el. Az Intel 8085 mikroprocesszoránál több „csalafintaságot” is elkövetett a gyártó, az áramkör vonzóbbá tétele érdekében. A 8085 csip a 8080 áramköri megoldásait örökölte, így kétfázisú órajelre volt szüksége és több tápfeszültségre (+12 V, +5 V, -5 V). A tokra viszont elegendő egyetlen, +5 V-os tápfeszültséget vezetni, mert belül egy konverter állítja elő a szükséges értékeket. A külső kvarc által meghatározott frekvenciát a beépített oszcillátor megfelel, s kétfázisú, fele frekvenciájú órajelként hasznosítja. Külső, egyfázisú órajellel is működtethető ez a mikroprocesszor, de ebből is fele frekvenciájú kétfázisú órajel készül a tokon belül.

Rövidesen az LSI áramköröknél is megjelent a kisebb integráltságú elemeknél már bevált CMOS áramköri megoldás. Ez sokkal kisebb szilíciumfelületet igényelt azonos bonyolultságú áramkörök esetén, így lehetővé vált, hogy a belső logikai egységeket, regisztereket, egyéb tárolórészleteket statikus áramköri megoldásokkal alakítsák ki. Az áramkörök adatlapján a gyártók büszkén hirdették, hogy ezek már teljesen statikus működésűek. A statikus működés következményeként az órajel frekvenciájának már nem volt alsó határa, a katalógusban vagy üresen maradt a minimális érték helye, vagy 0 illetve DC megjelölés került bele. A korai áramkörök közül többnek megjelent a CMOS

változata is, ezeknél megfigyelhető ez a változás az órajelfrekvencia tartományában; pl. a 80C85 esetében a frekvenciatartomány így alakul: DC...3 MHz, ill. DC...6 MHz (gyártótól függően). A mikrovezérlők CMOS változatai között is megtaláljuk a teljesen statikus megoldásukat. A 80C51 órajelének frekvenciatartománya pl. DC...24 MHz, ill. DC...33 MHz (szintén gyártótól függően). Ez azt jelenti, hogy akár egy pergésmentesített nyomógombbal is elő lehetett állítani az órajelet és a processzort, a mikrovezérlőt így kézzel, nyomógombbal is lehetett léptetni

A korai mikrovezérlőknél tehát a kényszer szülte azokat a belső áramköri megoldásokat, melyek működtetéséhez folyamatos órajelre volt szükség, melynek minimális frekvenciája is kötött volt. A CMOS LSI áramkörök elterjedésével ez a kényszer megszűnt, az igen nagy elemsűrűséget lehetővé tevő új technológia alkalmazásával már statikus kivitelű áramköröket lehetett gyártani. A statikus kialakításnak sok egyéb előnye is van, pl. valódi egyfázisú órajel, jelentősen kisebb fogyasztás, széles tápfeszültség-tartomány. A dinamikus áramköri részletek évtizedekre eltűntek az LSI áramkörökből, így a mikrovezérlőkből is.

### A RAM-terület növekedése a mikrovezérlőkben

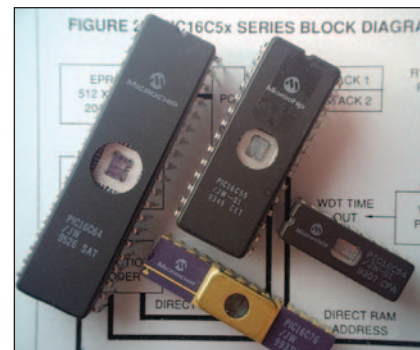
A következő évtizedekben a mikrovezérlők már CMOS technológiával készülnek. Az áramkört alkotó logikai kapcsolási részletek, a beépített írható/olvasható adattárolók teljesen statikus jellegűek, s mint már említettük, az ilyen megoldású áramkörökben az órajel frekvenciájának nincs alsó határa. A dinamikus áramkörök DRAM formájában bukkannak fel ismét a mikrovezérlőknél, több mint negyven év múlva. Az adatmemóriák fejlődése vezetett el ehhez a változáshoz.

A mikrovezérlőkben a programmemória valamilyen fix tár,

eleinte ROM, majd EPROM, ma pedig kizárólag Flash memória. A mikrovezérlők többségében szerepel egy nemillanó adattár is, EEPROM kialakítással. A mikrovezérlők adatmemóriája SRAM, a mai áramköröknél a központi egység működéséhez szükséges regiszterek is ezen belül helyezkednek el. Mivel a statikus kialakítású mikrovezérlőkből eltűntek a dinamikus részletek, ezért hosszú évtizedekig fel sem vetődött, hogy egy mikrovezérlőben a RAM területet DRAM jelleggel alakítsák ki. Bár a SRAM területigénye jóval nagyobb, de a korai mikrovezérlőkben nem volt szükség nagy adatmemóriákra, a SRAM vezérlése, kezelése ugyanakkor jóval egyszerűbb mint a DRAM-é.

A fejlesztések során azonban a mikroszámítógépekben egyre nagyobb SRAM területekre volt szükség, aminek az oka eltérő volt a mikroprocesszoros és a mikrovezérlős elektronikák esetében. A mikroprocesszoros számítógépek a háttértárolóról (többnyire merevlemez esélyéről) RAM-ba olvassák be a végrehajtásra kerülő programkódot, onnan nagy sebességgel képesek a szoftvereket futtatni. A programok befogadására nagy memóriakapacitás szükséges, ezt a mikroprocesszor mellé telepített DRAM IC-k vagy modulok biztosíthatják.

A mikrovezérlők tulajdonképpen egyetlen csipen kialakított mikroszámítógépek, de sok tekintetben különböznek a mikroprocesszoros számítógépektől. A mikrovezérlő belső programtárat tartalmaz (ROM, EPROM,



4. ábra