

A CD4007, mint CMOS építőelem-készlet 2.

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

2. Amit a CA3600E-ről tudni lehet

A bevezetőben a CD4007 iker-testvéreként utaltunk az RCA egy másik áramkörére, a CA3600E IC-re. Röviden felvázoljuk, mi indokolja ezt, mert ez egy érdekes, akár rejtélyesnek is tekinthető történet.

Közismert, hogy a digitális integrált áramkörökből, így a CMOS sorozat tagjaiból is, a digitális kapcsolásokon kívül egyéb áramköröket is fel lehet építeni, akár analóg erősítőket is. Népszerűek a sokszor fél-analógnak nevezett áramkörök, kvarcoszcillátorok, RC-hangolású astabil és bistabil multivibrátorok is. Még sokoldalúbbak lehetnek a tranzistorokból kialakítható analóg kapcsolások. Az RCA a tranzisztor-array analóg használatához nagy reményeket fűzött, amik nem váltak be.

Ezután az 1970-es évek elején a cég egy új integrált áramkörrel jelentkezett, a CA3600E IC-vel. Az új áramkört az RCA minden esetben lineáris integrált áramkörként szerepeltette, a lineáris áramkörökkel foglalkozó kiadványokban mutatta be az adatlapját, az alkalmazási lehetőségeit (ilyen pl. a [2]). Ugyanakkor az áramkör belső kialakítása, a láb kiosztása megegyezik a CD4007 áramkörök 4. és 5. ábrán megismert belső elrendezésével, bekötésével.

Természetesen felvetődött a kérdés (és a mai napig „hivatalos” válasz nincs rá), hogy valóban egy új áramkört készített-e az RCA, vagy átcímkezte a CD4007 IC-t s így beillesztette az analóg CMOS áramkörei közé is? A probléma máig izgatja a szakembereket is, az amatőr felhasználókat is. A mi korunk egyik terméke az internetes chat és blog, s több olyan elektroni-

kus beszélgetésfolyam is zajlik, ahol a CD4007 és a CA3600E azonossága vagy különbsége a téma. Nehezíti a kérdés eldöntését, hogy a CA3600E néhány év után eltűnt az RCA termékajánlatából, ma már egyáltalán nem lehet beszerezni a hivatalos kereskedőknél.

Az olvasóban felmerülhet, hogy miért nem vizsgáljuk át a CA3600E katalógusát, s vetjük össze a CD4007-tel? A világhálón még meg lehet találni a CA3600E eredeti RCA adatlapját. Néhány fő adat teljesen azonos a CD4007A-nál közöltekkel. A tápfeszültség megengedett tartománya 3...15 V, a bemeneti áram névlegesen 10 pA, beintegrált bemeneti és kimeneti védőhálózatokat (6. ábra) ugyanúgy tartalmazza az IC, a kimeneti áramok is megegyeznek. A további adatokat nem lehet összehasonlítani, mert azok a jellegzetes tranzisztorparaméterek, amiket a CD4007 adatlapok nem tartalmaznak (pl. küszöbfeszültségek, zajfeszültségek, kapacitás-értékek).

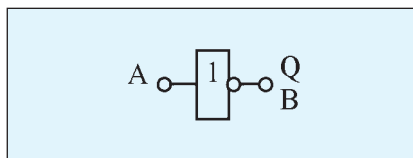
Vannak érvek a két áramkör különbözőségére. Ha pl. a korabeli folyóiratokban megjelent hirdetésekben szereplő árakat vesszük szemügyre, feltűnik, hogy azonos időszakban a CD4007 változatokat jóval olcsóbban forgalmazták, mint a CA3600E-t. Mint említettük, az eredeti RCA katalógusok szerint a CA3600E bemeneteinek védelmére ugyanolyan felépítésű ellenállás-dióda hálózat szolgál, mint a CD4007-ben (amit a 6.a.

ábrán mutattunk be), de a CA3600E esetében az R1 értéke 1...3 kohm közötti (a CD4007 katalógusokban szereplő 1...5 kohm helyett).

Ugyanakkor sok érv szól amellett is, hogy ugyanarról a csipről van szó. Az interneten sok korabeli eredeti szabadalom-leírás olvasható, ahol a CA3600E-re épülő analóg kapcsolás ismertetésekor zárójelben a CD4007A áramkört is feltüntetik, mint helyettesítő típust, más esetben a digitális elektronikus megoldás CD4007A-ra épül, és zárójelben a CA3600E-t is megjelölték. Ugyanezt sok folyóiratban közölt digitális és analóg áramköri kapcsolási rajzzal kapcsolatban is fel-fedezhetjük.

Az interneten Spice és Tina szimulációs példákat is találunk a CA3600E áramkörre, s több esetben zárójelben megjegyzik, hogy a modell a digitális ekvivalens CD4007A áramkörre is használható. Általános az a vélemény, hogy az analóg áramköröket tervező, fejlesztő mérnökök a digitális áramköröket, köztük a CD4007 változatokat nem ismerték, ha tudtak is róluk, nem alkalmazták munkájuk során. Állítólag ezért hozta forgalomba ezeket az IC-eket az RCA később új típusjel alatt is, kifejezetten analóg áramkörként reklámozva, így születhetett a CA3600E.

Valószínű tehát, hogy ha az olvasó valahol egy érdekes, CA3600E IC-vel megvalósított kapcsolásra bukkan, érdemes azt a CD4007A áramkörrel, vagy akár a CD4007UB-vel megépíteni és kipróbálni. Ha valóban csak a védelmi áramkörökben van különbség, valószínűleg mindkét IC-vel működőképesek az áramkörök. Most viszont térjünk vissza a CD4007 áramkörhöz, és azok digitális alkalmazási példaira!



8. ábra

A továbbiakban CD4007UB áramkört használunk fel a kapcsolásainkban, mivel ez jelenleg is beszerezhető. Ha valakinek sikerül CD4007A változathoz jutnia, a bemutatott áramkörök várhatóan azzal is működni fognak.

3. Építsünk NMOS, majd CMOS invertert a CD4007 felhasználásával!

Az inverter a legegyszerűbb logikai áramkör. A digitális áramkörök által kezelt elemi jel az egy bit, aminek ismert módon két lehetséges értéke van. Ezt a két értéket lehet pl. **0**-val és **1**-gyel jelölni. Az inverter egyetlen bemenetű, egy kimenetű áramkör, logikai rajzjelét a **8. ábra** mutatja be. Az inverter a beérkező bit (**A**) értékével ellentétes (negált, invertált) értékűt állít elő a kimenetén (**Q**). A Boole-algebrában az invertálás, negálás jele a felhúzás, a **8. ábrán** szereplő jelölésekkel:

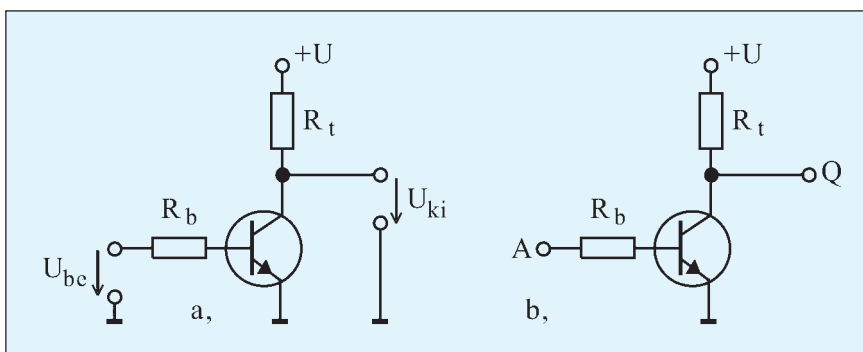
$$Q = \bar{A}$$

Az inverter és a további logikai kapuk működését igazságtáblázattal lehet tömören szemléltetni, ezt az inverter esetében a **3. táblázat** mutatja be.

Mint már szóba is került, a logikai áramkörökben a biteket feszültségjelek képviselik. A két jelértékhez két feszültségtartomány tartozik, az egyik a tápfeszültséghez közeli, a másik a 0 közelében van. Egy 9 V-os tápfeszültségről működő CMOS áramkörnél a bemeneteken a logikai értékeket képviselő tartományok pl. 0...3 V illetve 6...9 V. Legtöbbször a 0 közeli tartományt rendelik a logikai **0**-hoz és a magasabb feszültségűt a logikai **1**-hez, de esetenként fordítva történik az összerendelés. A szakirodalom sokszor az előbbi pozitív logikának, az utóbbit ne-

3. táblázat

A (bemenet)	Q (kimenet)
0	1
1	0



9. ábra

gatív logikának nevezi. Egyértelműen kezelhető lesz az áramkör, ha a viselkedését a tartományokkal írjuk le. A 0 közeli tartományba eső jelértéket **L** (Low, alacsony) szintűnek nevezzük, a tápfeszültséghez közelit **H** (High, magas) szintűnek. Az áramköröket jellemző igazságtáblázatokat természetesen **L** és **H** jelölésekkel is meg lehet adni, az inverterét pl. a **4. táblázat** szerint. A továbbiakban a logikai áramköreink jeleit az **L** illetve **H** szintekkel fogjuk leírni.

Már egyetlen tranzisztorral is kialakítható egy inverter. A **9.a ábrán** egy npn bipoláris tranzisztorral megépített inverter látható. Azért is célszerű megismerni, mert ennek a felépítését követik a MOS tranzisztoros áramkörök is. Ha pl. 5 V tápfeszültségről működtetjük, a bemeneti **L** tartomány 0...0,4 V lehet, a **H** pedig 2,4...5 V. Ha az U_{be} **L** szintű, akkor a bázis-emitter dióda lezár, a tranzisztoron nem folyik kollektoráram, csak a kis értékű szivárgási áram. Mivel a tranzisztor is lezárt állapotban van, a terheletlen kimeneten (U_{ki}) közel 5 V tápfeszültség (azaz **H** szint) jelenik meg. A szilícium npn tranzisztorok bázis-emitter diódájának nyitófeszültsége kb. 0,7 V. A **H** szintű U_{be} (ami jóval magasabb a nyitófeszültségnél) kinyitja, sőt, telítésbe vezérli a tranzisztor, jelentős kollektoráram folyik át rajta, terheletlenül az U_{ki} közel 0 lesz (a tranzisztor maradékfeszültsége), ez tehát **L** szint.

A logikai kapcsolásokon a jelek belépési és kilépési pontjait

egyszerűbben szokták ábrázolni, csak a jel logikai megnevezését (esetünkben **A** és **Q**) tüntetik fel a megfelelő pontokon (ez látható a **9.b ábrán**). Mindezeket figyelembe véve látható, hogy a bemutatott kis kapcsolás invertert valósít meg, a **4. táblázat**nak megfelelően.

3.1. Az NMOS inverter és néhány általános tudnivaló

Ha a bipoláris tranzisztor helyett egy NMOS növekményes tranzisztor használunk fel a kapcsolásban (**10.a ábra**), hasonló működésű áramkörhöz jutunk. Az n csatornás növekményes MOSFET-nek 0 U_{GS} esetén a drain és a source pontjai között nincs meg a vezető csatorna, csak szivárgási áram folyik a tranzisztoron keresztül. Ha növeljük az U_{GS} értékét, egy küszöbérték (a CD4007UB tranzisztorai esetén ez 1,5 V) felett a csatorna megjelenik, növekvő U_{GS} esetén egyre kisebb lesz az ellenállás a drain és a source között (ez a csatornaellenállás).

A logikai jelek itt is a szélsőséges üzemmódokat használják csak. Ha az **A** bemenetre 0 közeli feszültség kerül (**L** szint), a FET csatornája nem épül fel, a tranzisztor szakadásként viselkedik, terheletlenül a **Q** kimeneten az U_{DD} tápfeszültség jelenik meg

4. táblázat

A (bemenet)	Q (kimenet)
L	H
H	L