

COUNTER) is, amelyben egyetlen 1-es "lépeget", órajelenként celláról-cellára, ezzel engedélyez különböző hálózatrészeket és ezzel együtt bizonyos "eseményeket" sorban egymás után.

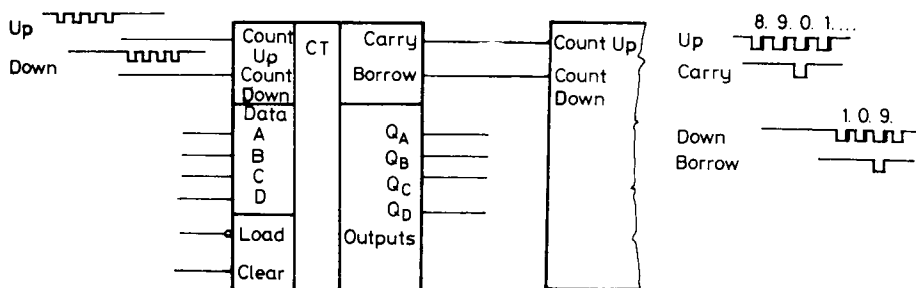
Szinkron MSI számlálók

A legtöbb feladatra találhatunk kész, integrált számlálót a különböző logikai áramkör családokban. A következőkben néhány, gyakran használt típust tanulmányozunk, további információt a kapható áramkörökről a katalógusokban találhatunk.

TTL szinkron számlálók

74192 dekád és 74193 bináris UP-DOWN, preset számláló:

Mindkét típus 4 bites, működésük egyforma, csak a számlálás kódja tér el. Ma már inkább az LS(Low power Schottky) típusok használatosak (legnagyobb órajel frekvencia: 32 MHz). A TTL típusválaszték jellegzetes képviselői: előre-visszaszámlálásra alkalmasak, "presetelhetők", azaz párhuzamosan tölthetők, nullázhatók.



1.36. ábra.

Egy UP-DOWN számláló alapvetően kétféle vezérlésű lehet: vagy egy CLOCK bemenettel számoltatható, és egy másik UP/DOWN bemenettel határozható meg a számlálás iránya, vagy pedig két külön CLOCK bemenete lehet, az egyik felfelé (UP), a másik lefelé (DOWN) számoltató bemenet. A 74192-193 ez utóbbi fajtához tartozik. Bemeneteit és kimeneteit a katalógusban található elnevezésekkel az 1.36. ábra mutatja. A számláló akkor számol eggyel felfelé, amikor az UP órajel 0-ból 1-be ugrik, miközben az előírás szerint a másik órajel állandó 1-ben van. Lefelé számlálás a DOWN órajel 0-1 átmenetére történik, miközben az

UP jel logikai 1-en van. A számlálás továbbviteléhez, több dekádra, ill. tetrádra való kiterjesztéséhez használható fel a CARRY (átvitel), ill. a BORROW (áthozat) kimenet; ezeket kell a következő dekád (tetrád) UP, ill. DOWN számláló-bemenetéhez kötnünk. A CARRY és a BORROW jel alakulását az 1.36. ábrán látható idődiagram szemlélteti. A CARRY jel (dekádszámlálónál) a 9-es állapot utáni, "negatívba menő fél óraimpulzus" másolata; amikor a tizedik órajel hatására a számláló újra a zérus állapotot veszi fel, ugyanebben a pillanatban ugrik a CARRY-jel 0-ból 1-be, ami a következő dekádot eggyel előre számoltatja. CARRY-jel csak felfelé számláláskor keletkezik. A BORROW-jel visszaszámláláskor áll elő, amikor a számláló már elérte a zérus állapotot és 9-es állapotot készül felvenni: a BORROW kimeneten a zérus állapot utáni negatívba menő fél óraimpulzus másolata jelenik meg.

Mindezeket az időzítéseket a katalógusban is részletesen bemutatják, rendszerint idődiagramok segítségével. A felhasználónak, amikor ilyen, vagy ehhez hasonló típusu áramkört alkalmaz, minden esetben teljes mértékben tisztában kell lennie a legapróbb, esetleg jelentéktelennek tűnő részletekkel is. Tudnia kell, milyen bemeneti jelet adjon, a jelek melyik élére mi történik, milyen időrendben milyen kimeneti jelek állnak elő, stb. Az előrelátó, precíz, a gyakorlatban jó eredményt adó tervező munkához, üzembehelyezéshez, beméréshez elengedhetetlen a felhasznált áramkör alapos ismerete. Jelenlegi példánkkal is erre szeretnénk felhívni a figyelmet.

Az 1.36. ábrán látható, hogy a 74192-193-as áramkörnek az órabemenetekén kívül további (statikus) bemenetei vannak. A CLEAR a számláló nullázására alkalmas; ha erre logikai 1-es szintet adunk, akkor a Q_A, Q_B, Q_C, Q_D kimenet az órajeltől függetlenül 0 lesz (a CLEAR-nek prioritása van valamennyi bemenet előtt, számláláskor 0-án kell tartanunk). A LOAD a párhuzamos betöltést, presetelést vezérlő bemenet. Amikor ezt logikai 0-ra vesszük, akkor az A, B, C, D bemenetekre készített jel beíródik a számlálóba, és megjelenik a Q_A, Q_B, Q_C, Q_D kimenetekén. A LOAD (0) jel levétele után, a számláló ezt a 4 bites jelet tárolja, és ha az UP vagy DOWN bemenetre órajel érkezik, akkor a

számláló ettől a számtól folytatja felfelé vagy lefelé a számlálást. Ezt a lehetőséget igen gyakran előnyösen ki lehet használni (pl. programozható számlálóhoz - l. később!). Az olyan számlálókat amelyekbe előre egy tetszés szerinti számot párhuzamosan be lehet írni, PRESET COUNTER-eknek nevezik a katalógusokban és a szakirodalomban. A ma kapható szinkron számláló típusok nagy része reverzibilis (előre-vissza) és presetelhető számláló.

74190 dekád- és 74191 bináris számláló:

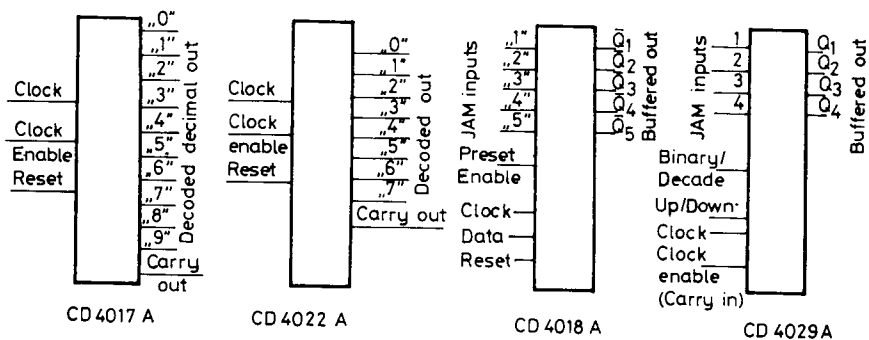
Működésük alapvetően hasonló az előbbi típusokéhoz, csak az előre-visszaszámlálás üzemmódja eltérő. A már említett két lehetséges változat közül a másik vezérlési módszerrel működnek, vagyis külön van egy DOWN/UP⁻ számlálás irányát vezérlő bemenet, és egy CLOCK bemenet (erre adjuk a számolandó jelet). Részleteket a katalógusból érdemes tanulmányozni, a fontos inkább az, hogy tudjunk ilyen fajta típus létezéséről. (Ez a szinkron számláló természetesen mentes attól a hibától, amelylyel az aszinkron reverzibilis számlálóknál találkoztunk: az irányváltoztatás, vagyis a DOWN/UP jel változtatása nem eredményezhet állapotváltozást - ez csak a szinkronizáló CLOCK-jel hatására történhet.)

A bemutatott típusok a legtöbbször használt TTL szinkron számlálók. Természetesen a típusválaszték szélesebb. Sok készülékben találhatunk pl. 74160 és 162 dekádszámlálót, ill. 74161 és 163 bináris 4 bites számlálót. Ezek csak felfelé számoltathatók, de szintén presetelhetők, tehát párhuzamosan betölthetők, és aszinkron, ill. szinkron módon nullázhatók ("CLEAR"-ezhetők). Egyéb típusokat illetően vegyük igénybe a katalógusok tájékoztatását!

CMOS (Complementer MOS) szinkron számlálók

A CMOS számlálók szinkron változatai általában kevesebb bit-számúak, mint a már bemutatott aszinkron típusok. Ez az ára a szinkron számlálók azon előnyös tulajdonságának, hogy minden flip-flop az órajel meghatározott élére egyszerre billen, így időzítéseknél, dekódoláskor nem keletkeznek tranziens, "téves" impulzusok.

A CD 4000-s sorozat "egyszerűbb" szinkron számlálóinak "belseje" általában JOHNSON számláló, ennek teljes dekódolása egyszerűen, néhány kapuval megoldható. A leggyakoribb típusok katalógusban megadott tömbvázlatát az 1.37. ábrán foglaljuk össze. A CD 4017 A decimális, dekódolt előreszámláló: tíz kimenete van, vagyis egyesíti magában a számlálót és a dekódolót; "0" ... "9" kimenetei közül mindig egy van logikai 1-en. A bővítéshez külön (aszinkron) CARRY OUT kimenet van. Hasonló felépítésű, de 8 kimenetű a CD 4022 A típus. JOHNSON kódú 5 bites presetelhető számláló a CD 4018 A. A kimenetekről a DATA (adat-) bemenethez történő megfelelő visszacsatolással (egyes esetekben kapuk alkalmazásával), tetszés szerinti modulo-N számláló készíthető. Presetelhető előre-visszaszámláló a CD 4029 A típus. 4 bites, és programozható, hogy bináris vagy dekádikus kódban számoljon. Ezekon kívül a CD 4000-s sorozatban találhatunk szinkron, programozható frekvencia osztót (ezekről még szó lesz): a CD 4059 A 3 és 15999 közötti számmal osztja le a bemeneti jelfrekvenciát, találhatunk egyetlen IC-ben felépített számlálót és 7 vonalas dekódolót: CD 4026 A, CD 4033 A, CLOCK-TIMER-t ("óra időzítőt": CD 4045 A), stb.



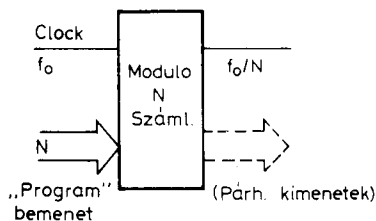
1.37. ábra.

Továbbfejlesztett "második generációs" számlálók vannak az MC 14500-as CMOS sorozatban (MOTOROLA). Néhány példa: MC 14516 B bináris felfelé számláló (presetelhető), MC 14518 B, ill. MC 14520 B kettő 4 bites BCD, ill. bináris felfelé szám-

láló, MC 14553 B egyetlen 16 lábu tokban 3 digitos (3x4 bites) dekádszámláló, természetesen tárolókkal és multiplexelt kimenettel (az ehhez szükséges beépített oszcillátorral), MC 14569 B kettős, programozható, "nagysebességű" (10 MHz) BCD-bináris számláló, stb.

Programozható MODULO-N számlálók, frekvencia osztók

A különféle modulo-N számlálókról, megvalósításukról az előzőekben már szó volt: legegyszerűbb az aszinkron megoldás, amikor az N számot "kikapuzzuk" és ezzel nullázunk. Tetszőleges kódu és osztási viszonyu szinkron számlálót, osztót NEAT STATE táblákkal tervezhetünk és építhetünk fel flip-flopokból. Digitális berendezésekben, egységekben azonban gyakran felmerül a programozhatóság igénye, amelyet ezek a megoldások nem tudnak kielégíteni. A programozhatóság alatt jelen esetben azt értjük, hogy az N-et az állapotok számát, vagyis a frekvencia osztásviszonyt nem a számláló felépítésekor, huzalozással, logikai hálózattal állítjuk be az előírt és ezután már megváltoztathatatlan értékre, hanem adott kódu logikai vezérléssel bármikor tetszőleges osztásviszonyt programozhatunk be (1.38. ábra). A modulust, N-et általában párhuzamos kód formájában "közölhetjük" a számlálóval, amely ennek "engedelmeskedve" rövidíti ciklusát az előírás szerint, minden fajta áramköri változtatás, kapu-bemenet átkötés, stb. nélkül. A "program bemenet" legtöbbször ugyanolyan kódu, mint amelyben a számláló is működik.

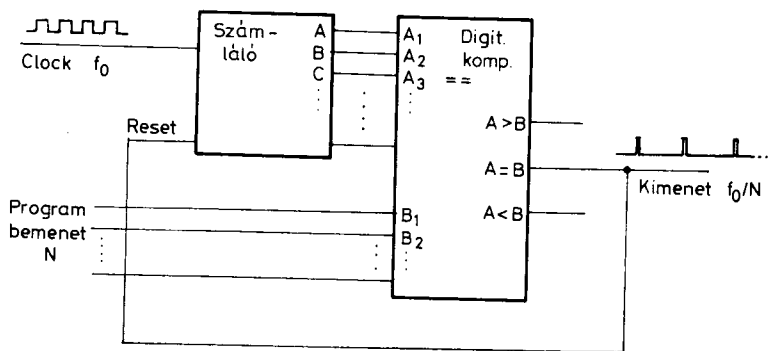


1.38. ábra.

A többféle áramköri megvalósítási lehetőség közül olyanokkal foglalkozunk, amelyeknek legnagyobb a gyakorlati jelentősége, és eddigi ismereteink alapján is valószínűleg ilyet terveznénk.

Programozható számláló előreszámlálóval és digitális komparátorral

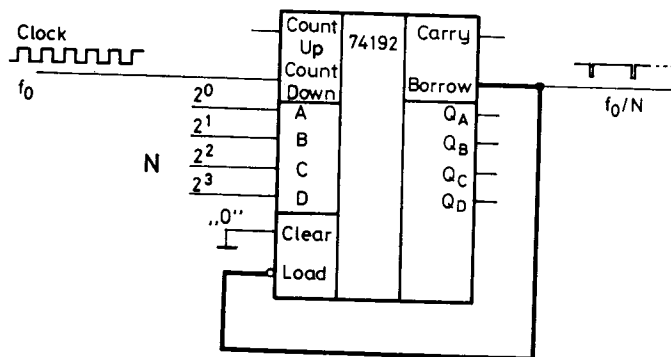
Kézenfekvő a megoldás, hogy az aszinkron modulo- N számlálóknál szokásos módon az N szám elérésekor nullázzunk, reseteljünk - csak hogy most "programozhatóan" nem egy \overline{RS} , vagy NAND kapuval, hanem olyan áramköri egységgel, amely "észreveszi", hogy a számláló elérte N -et. Ilyen áramkör például a digitális komparátor (összehasonlító), amely állandóan összehasonlítja a számláló kimeneti jelét és a program-bemenet jelét. Abban a pillanatban amikor a két jel megegyezik, a komparátor jelzi az egyenlőséget, és nullázza a számlálót, a számlálás előlről kezdődik és megy N -ig, majd ismét nullázás, és így tovább. A fellépő állapotok száma éppen N (maga az N szám csak egészen rövid ideig jelenik meg, ezt követően azonnal nullázódik a számláló - pontosan úgy, ahogyan azt az aszinkron modulo- N számlálóknál tárgyaltuk). A programozható osztó f_0/N kimenetének a digitális komparátor egyenlőséget jelző kimenetét tekinthetjük. A tömbvázlat az 1.39. ábra szerinti lehet. A kimeneten - mivel a RESET-jel nagyon rövid időtartamu - igen kis kitöltési tényezőjű "tüskéket" kapunk, amelyek oszcilloszkópon sokszor nehezen indikálhatók, de további digitális áramkörök működtetéséhez alkalmasak. Hosszabb, jobban definiált szélességű kimeneti impulzusokat a már ismert módszerrel, RS flip-flop megfelelő beiktatásával kaphatunk. Ezt a megoldást sok berendezésben alkalmazzák, hátrányt az aszinkron működés jelent, valamint a meglehetősen bonyolult felépítés.



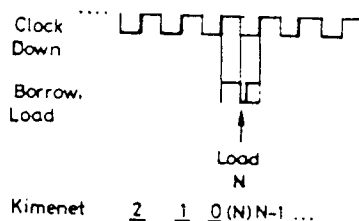
1.39. ábra.

Programozható számláló párhuzamosan tölthető (preset) számlálóval, visszaszámlálással

A működés alapelve az, hogy egy visszaszámlálóba (DOWN-COUNTER-be) a nulla elérésekor, az előírt osztásviszonynak megfelelő N számot írjuk be minden ciklusban. Így tehát a számláló N -től számol visszafelé 0-ig, ebben a pillanatban újra N -t töltünk be, és így tovább. Ily módon az állapotok száma, vagyis az N , általunk beállítható értékű, "programozható". Egy lehetséges szokásos kapcsolást az 1.40. ábra mutat a már ismert 74192 vagy 74193 típusu TTL programozható BCD, ill. bináris UP-DOWN számlálóval, az egyszerűség kedvéért egyetlen dekádra, ill. 4 bitre felépítve. A nulla állapot elérése után N betöltés most egyszerre megoldható a BORROW ("át hozat": visszaszámláláskor a 0 állapot elérését jelző kimenet) és a LOAD ("betöltés": az "előre odakészített" N betöltését engedélyező bemenet) összekötésével. Természetesen a helyes működést a lejátszódó események időbeni sorrendjének egészen részletes, alapos elemzésével, regisztrálásával ellenőriznünk kell, vagyis célszerű pontos idődiagramot készítenünk minden lényeges bemenet, ill. kimenet jeléről. Ezt általában meg kell tennünk a sorrendi hálózatok összeállításakor - legyen ez az első példánk erre! Jelen esetben a DOWN bemenetre kerülő, lefelé számoltató CLOCK jelet, a BORROW és az ezzel ekvivalens LOAD jelet, valamint a számláló adott pillanatokban felvett kimeneti állapotait kell figyelni. A működés ugyan nem bonyolult, de azt tisztáznunk kell, hogy ha ciklusonként N -ről számolunk visszafelé, akkor a nullát is beleértve az összes



1.40. ábra.



1.41. ábra.

állapotok száma nem $N+1$ lesz-e (és ezért a "program" bemenet-re esetleg nem kell-e $N-1$ -et előkészítenünk). A felrajzolt idődiagram (1.41. ábra) alapján tisztázható, hogy a valóságban biztosan éppen N a felvett állapotok száma. A számláló (a katalógusból ismert módon) a **DOWN** jel minden 0-1 átmenetére változtatja állapotát és csökkenti 1-gyel kimeneti bináris jelét (az ábrán 2, 1, 0 ...). A zérus elérésekor a **BORROW**-jel - a katalógusban közölt idődiagram szerint - lemásolja a **CLOCK**-jel negatív félperiódusát (az ábrán szaggatott vonal). Most azonban, mivel a **BORROW** a **LOAD**-dal összeköttetésben áll, a **BORROW** zérusra érésének pillanatában beíródik a számlálóba az "odakészített" N kombináció, ekkor azonban a számláló tartalma már nem 0, így a **BORROW** feltétel nem teljesül, ez a jel ismét a "nyugalmi" 1-es lesz. A következő 0-1 órajel átmenetkor a számláló az $N-1$ állapotot veszi fel, vagyis óra-ütemenként a számláló $\dots 2 \dots 1 \dots 0 \dots N-1 \dots$ sorrendben számol, így az összes állapotok száma N . (Az N szám "többletként" ugyan megjelenik, de az idődiagramból láthatóan csak két órajel között egy rész-órajel időtartamig!) A **BORROW**-jel egy rövid idejű "negatív tüske" lesz, mivel a betöltés nagyon rövid idő alatt végbemegy. Tekintve, hogy ez egyben a programozható osztó kimeneti jele, az ilyen jelforma meglehetősen kedvezőtlen: nehezen indikálható, nagyobb távolságra nem célszerű elvezetni. Mindazonáltal flip-flopok, számláncok, stb. órajeleként változtatás nélkül felhasználható, más esetekben pl. monostabil flip-floppal való "nyújtása" célszerű. Az osztó természetesen több dekádra, több tokra is kibővíthető: ekkor a szokásos lefelé számlálót állítjuk össze (előző tok **BORROW**-ja a következő **DOWN**-jára vezetve), és az utolsó tok **BORROW** kivezetését visszük valamennyi tok **LOAD**-jára.