

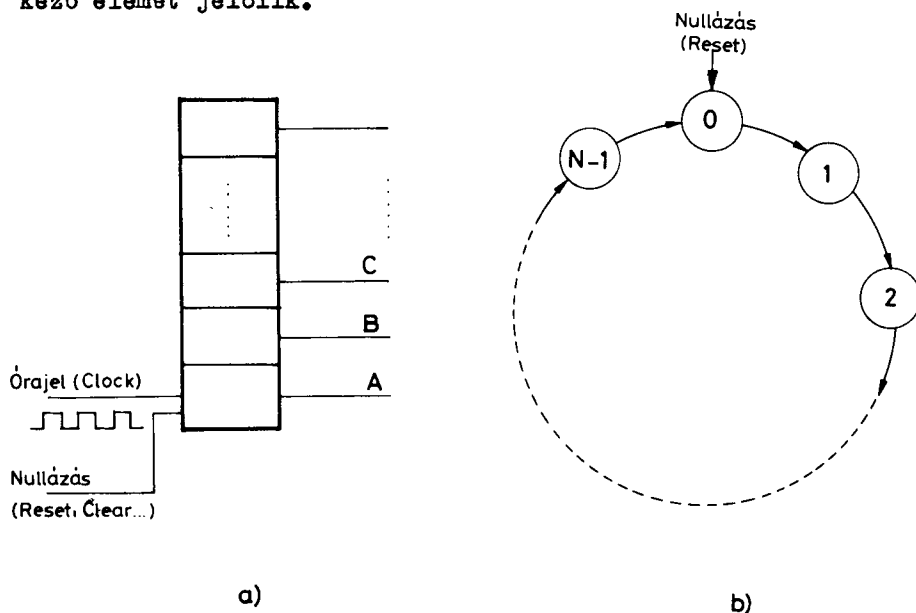
1. SORRENDI HÁLÓZATOK

1.1. SZÁMLÁLÓK, FREKVENCIAOSZTÓK

1.1.1. Funkció, a működés alapelve

Az előzőekben már alapelemként megismert JK és D flip-flopokból felépített számlálókat szinte minden digitális berendezésben, egységben találunk, alkalmazunk. A számláló (katalógusokban angolul Counter-ek) alapvető feladata az, hogy a bemenetükre adott impulzusokat, órajelet (Clock jelet) adott feltételek között megszámlálják és a következő órajel impulzus megérkezéséig "emlékezzenek" a számlálás eredményére. A számláló működésében tehát természetesnek vesszük a tárolási funkciót is. Tekintve, hogy a számláló áramköröket rendszerint egyéb vezérlő bemenetekkel is ellátják, felépítéstől függően nemcsak számlálásra, hanem ezzel "rokon" feladatokra: pl. frekvencia osztásra, sorrendi áramkörök vezérlésére, matematikai műveletek végzésére is használhatók. A számláló egyszerűsített vázlatát az 1.1a ábra mutatja: a számláló végeredményben egy olyan megadott szabályok szerint összekapcsolt flip-flop sorozat, amely az egymás után érkező órajel impulzusok hatására "mindig eggyel tovább számol", vagyis az A, B, C, ... kimeneteken az adott kód (bináris, BCD, stb.) soron következő kombinációját állítja elő, két órajel közötti időtartamban pedig az utolsó kimeneti jelkombinációt tárolja. A működési sorrendet az 1.1b ábra állapot diagramja szemlélteti: egy-egy órajel impulzus hatására a nyíl által jelölt sorrendben mindig a következő állapotba ugrik (az állapotokat bináris, decimális számokkal, vagy egyéb szimbólumokkal jelöljük). Az összes állapot megadott sorrendben történő végigjárása után, a számláló leg több típusa visszatér a kezdeti nulla helyzetbe; a kör záródik, a számlálási ciklus végén felvett

állapot az $N-1$ -edik, az összes állapot száma, a zérust is be-számítva, összesen: N , ezt nevezzük a számláló modulusának. A feladat legtöbbször az, hogy adott hosszúságú, modulusu, adott kódu számlálót állítsunk össze, vagyis amelynek állapot diagramjában a körökbe írt számok az előírt kód egy-egy következő elemét jelölik.



1.1. ábra.

A számláló a sorrendi hálózatok tipikus példája; mindaz, amit előző tanulmányainkban a sorrendi áramkörökről elmondtunk, a számlálóra teljes egészében érvényes (a bemeneti - primer - vezérlőjelek mellett figyelembe veszi az előző állapot szekunder - tárolt jeleit). Ennek megfelelően ugyanugy, mint minden sorrendi hálózat, a számláló is aszinkron, vagy szinkron működésű lehet, természetesen a megfelelő felépítéssel. A továbbiakban a számlálókat ebben a csoportosításban tárgyaljuk: először az egyszerűbb felépítésű aszinkron, majd a kicsit bonyolultabb, de "rendezettebb" működésű szinkron változatokat.

Az aszinkron számlálókra az jellemző, hogy a beérkező számolandó órajel nem jut el mindegyik flip-flophoz egyszerre, hanem csak az elsőhöz. Ennek állapot változása idézi elő a következő flip-flop billenését és így tovább, vagyis az

órajel hatása végig "hullámszik" a teljes számlálón (innen az egyik szokásos elnevezés: Ripple-counter, "hullám-számláló"). A flip-flopok tehát egymást billentik, az órajel hatása csak késleltetve jut el a legutolsó elemig, az állapot változás nem egyidejű, azaz aszinkron.

A szinkron számláló flip-flopjai egyszerre ugyanazt az órajelet kapják, a billenést az órajel szinkronizálja, egyidejűsíti. A szinkron számláló felépítése általában bonyolultabb, mivel a tárolók óra-bemenete már foglalt, így az előkészítő bemenetek (J, K, ill. D) vezérlésével lehet csak az adott kód szerinti billenési sorrendet megvalósítani, amihez járulékos kombinációs hálózat szükséges. Mindez a következő részletes tárgyalás alapján, konkrét példák bemutatásán keresztül remélhetőleg érthető lesz.

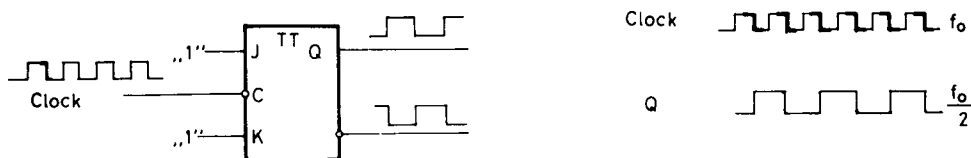
1.1.2. ASZINKRON SZÁMLÁLÓK, FREKVENCIAOSZTÓK

A különböző típusu flip-flopokból felépített különféle változatokat konkrét példákon tárgyaljuk a könnyebb érthetőség kedvéért, majd ezután vonjuk le az általánosan érvényes következtetéseket. Az aszinkron számláló működésének tanulmányozását kezdjük a legegyszerűbb változattal, a bináris számlálókkal. Első példánk legyen a következő:

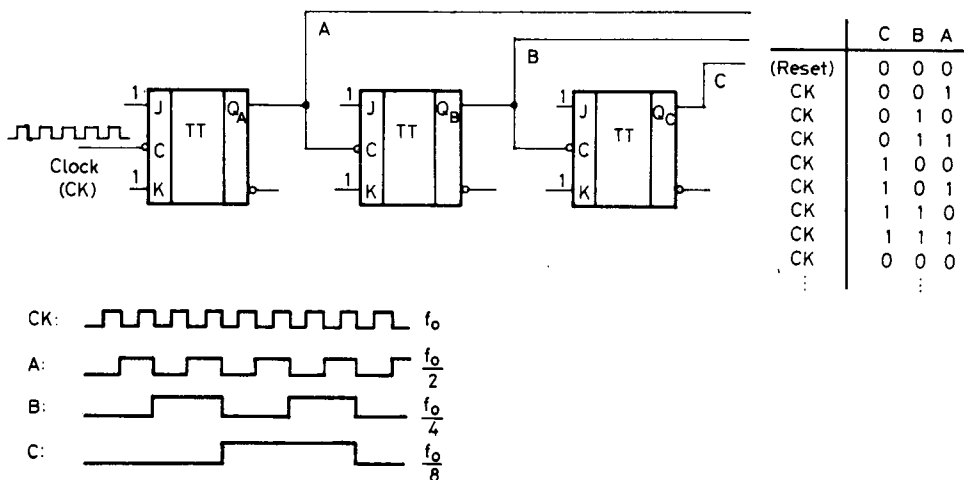
Bináris előreszámláló (UP-COUNTER) JK flip-flopokkal 3 bit-re:

Amint azt a flip-flopok ismertetéséből tudjuk, a $J = K = 1$ vezérlés esetén a flip-flop minden órajelre (annak adott, például 1-0, átmenetére) ellentétes állapotba billen (1.2. ábra). Látható, hogy egy JK flip-flop 2-tes frekvenciaosztóként, "2-tes számlálóként" működik ilyen vezérléssel. Logikusan adódik, hogy a bináris "továbbszámláláshoz", bővítéshez ezen 2-tes frekvenciaosztó kimenetéhez kell kapcsolni egy következő, ugyanilyen fokozatot úgy, hogy az első fokozat Q kimeneti jele legyen a következő flip-flop CLOCK bemeneti jele, majd a második fokozat kimenetére egy harmadik fokozatot és így tovább. A 3 bites számlálónak 8 állapotot kell előállítania bináris kódban, ehhez tehát 3 flip-flop szükséges az 1.3. ábra

szerint. Az így keletkezett számláló kimenetei a flip-flopok Q_A , Q_B és Q_C kimenetei, amelyek tehát 2-vel, 4-gyel és 8-cal osztott frekvenciát szolgáltatnak. Az idődiagramokat úgy rajzoltuk, hogy a következő flip-flop mindig akkor billen ellentétes állapotba, amikor az őt megelőző flip-flop kimenetén 1-0 átmenet keletkezik. Az idődiagramok alapján belátható, hogy a számláló A, B, C kimenetein minden órajel hatására 1-gyel növekvő bináris szám-kód áll elő, vagyis a számláló a táblázatban feltüntetett bináris sorrendben számol. A legkisebb helyiértékű kimenet az A, amely a 2-vel osztott órafrekvenciájú jelet szolgáltatja; a táblázatból is látszik, hogy A minden órajelre ellentétesre kell, hogy változtassa értékét (0 után 1-re, 1 után 0-ra). A következő B kimenet mindig akkor változtat állapotot, amikor A értéke 1-ről 0-ra változik, C pedig akkor, amikor B változik 1-ről 0-ra. Egy teljes ciklus $2^3 = 8$ órajelből áll, ezután előről kezdődik a számlálás.

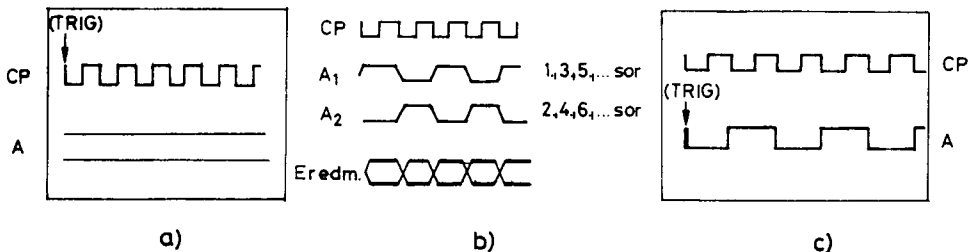


1.2. ábra.



1.3. ábra.

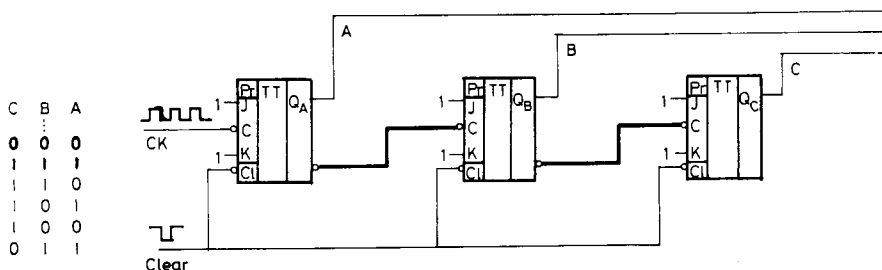
oszilloszkópot melyik jelről indítsuk (triggereljük). Első pillanatban az tűnik logikusnak, hogy - mivel a CLOCK jel az "ok", az A leadott jel pedig az "okozat" - a trigger jelet a CLOCK-ról vegyük, ahhoz, hogy biztosan "álló" ábrát kapjunk. Ha ezt tesszük, a CLOCK ábrája valóban "álló" lesz, de az A jel helyén előfordulhat, hogy két párhuzamos vonalat látunk, nem négyszögjelet (1.5a ábra)! A jelenség oka némi gondolkodás után belátható: a jelfrekvenciától és az oszcilloszkóp trigger-frekvenciájától függően lehetséges, hogy az egymás után felrajzolt sorokban a "ritkább", kisebb frekvenciájú A jel mindig ellentétes fázisban indul, és rajzolódik fel (1.5b ábrán A_1 és A_2 , majd ismét A_1 , majd A_2 és így tovább), ami gyors felfutásu jel esetén a szem tehetetlensége folytán a 0 és 1 értéknél megjelenő folytonos vonalnak látszik. A kisebb frekvenciájú A jel is "áll az ernyőn", csak éppen fázisa változik soronként, mivel erre nincs kikötés, hiszen mi a CP jel lefutására indítunk, de ezzel egyidejűleg az A jelben 0-1, vagy 1-0 ugrás is lehet. A megoldás egyértelmű: annak ellenére, hogy nem tűnik logikusnak, mégiscsak a kisebb frekvenciájú "következményre", az A jelre kell indítanunk az oszcilloszkóp eltérítését; így biztos, hogy A adott kezdőfázissal rajzolódik a képernyőre, és az is könnyen belátható, hogy az ezt létrehozó CP jel (mivel szoros összefüggésben van A-val) szintén adott kezdőfázissal "állni" fog a képernyőn. Az általános és megszívlelendő szabály tehát az, hogy mindig a kisebb frekvenciájú, "ritkább", leosztott jelre kell indítanunk a vízszintes eltérítést, a "sűrűbb" jel ezután már szükségképpen helyes fázissal "áll" az ernyőn (1.5c ábra).



1.5. ábra.

Bináris visszaszámláló (DOWN-COUNTER) JK flip-flopokkal 3 bit-re

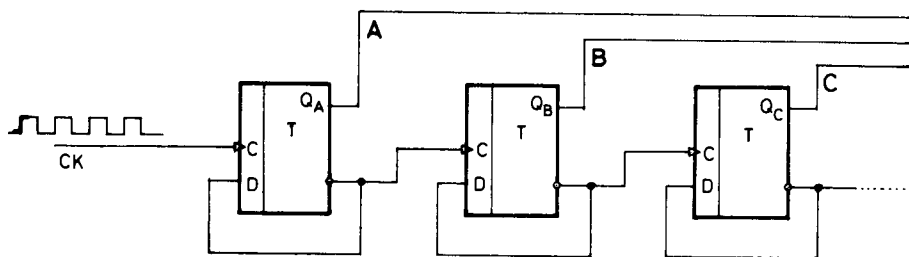
Érdeemes megvizsgálnunk, hogy a bináris kódu visszafelé számláláshoz milyen módosítást kell végrehajtanunk a számlálón, ez is hozzásegíthet bennünket az aszinkron számláló működésének megértéséhez. Az előbbi esetben a feladat az volt, hogy minden olyan alkalommal, amikor valamelyik flip-flop 1-ből 0-ba billent, a következő flip-flopnak kellett "tovább számolnia", azaz ellentétes állapotba billennie (ha olyan flip-flopokat használunk, amelyek az órajel bemenetükre adott 1-0 átmenetre billennek). Jelenleg fordított a helyzet: a visszaszámláló esetében egy adott flip-flop 0-1 átmenetének kell a következő fokozatot ellentétes állapotba billentenie. Ez könnyen belátható abból, hogy amikor a 3 bites számláló a 000 állapotba ér, utána a bináris 7-esre, 111-re kell "ugrania" (1.6. ábra). Ebből következik, hogy a fokozatokat úgy kell "aszinkron módon" egymás után kötnünk, hogy (1-0 órá-átmenetre billenő flip-flopokat feltételezve) a Q kimenet helyett a \bar{Q} kimenetet kell a következő flip-flop órajel bemenetére vezetnünk az 1.6. ábra szerint. Az első, A flip-flop bekötése nem változik, ennek továbbra is az a feladata, hogy minden órajelre (beérkező számlálandó jelre) ellentétes állapotba billenjen. Fontos az is, hogy a teljes számlánc kimeneteinek továbbra is a Q_A , Q_B és Q_C kimenetet tekintjük, függetlenül attól, hogy a negáltjukat vezetjük a következő flip-flophoz. Ezek a kimenetek ebben az esetben is 2-vel, 4-gyel, 8-cal osztott frekvenciát szolgáltatnak, csak éppen a számlálás iránya ellentétes.



1.6. ábra.

Bináris előreszámláló élvezérlésű D flip-flopokkal

Tekintve, hogy a leggyakrabban használt D flip-flopok pozitív élvezérlésűek (billenés az órajel 0-1 átmenetére történik a D-re előkészített állapotba, mint például a TTL 7474-nél), érdemes megvizsgálnunk, hogy milyen módon építhetők fel számlálók ezekből a típusokból. Önmagukban a D flip-flopok - ahogyan ezt már említettük - nem alkalmasak számlálási funkciók betöltésére, frekvencia-osztásra (órajelenként ellentétes állapotba billenésre). Ehhez külső összekötéssel a \bar{Q} kivezetést a D-hez "vissza kell csatolnunk", amivel mindig a jelenlegi állapot negáltját készítjük elő. Első feltétel tehát minden flip-flop \bar{Q} - D összekötése. A következő, amit meg kell gondolnunk, hogy - az előzőkhöz hasonló aszinkron felépítésben - melyik kimenetet kell a következő óra-bemenetre vinnünk. Az előzőek alapján belátható, hogy ezt mindig a számlálás iránya és a billentést előidéző órajel fázisa dönti el. Jelen példánkban - mivel a billenés az órajel 0-1 átmenete hatására történik, viszont a következő flip-flopnak mindig akkor kell billennie, amikor az előző flip-flop 1-ből 0-ba vált át - előreszámláláshoz a \bar{Q} jelet kell a következő fokozat számára továbbvinnünk (1.7. ábra). Természetes, hogy a számláló kimenetei ebben az esetben is a flip-flopok Q kimeneteivel azonosak.



1.7. ábra.

Bináris visszashámláló élvezérlésű D flip-flopokkal

Az előzőekhez hasonlóan, a számlálási irány megfordítása az ellentétes "polaritású" flip-flop kimenetek (jelen esetben a Q kimenetek) következő órabemenethez történő kapcsolásával valósítható meg (1.8. ábra).