

7. Szinkron számlálókkal kialakított hálózatok tervezése

7.1. Számláló áramkörök

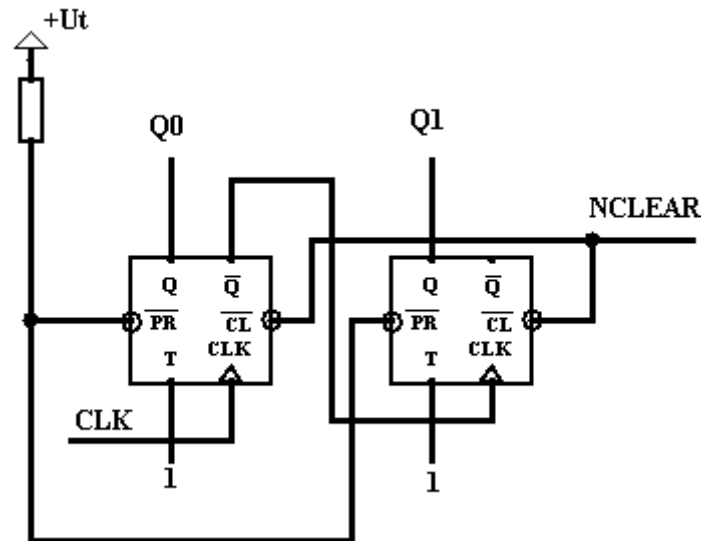
A számlálók az egyik leggyakrabban alkalmazott közepes integráltságú elemek. Lényeges alkotóelemei sok nagyintegráltságú áramkörnek is. A számláló áramkörök feladata, hogy rögzítsék és jelezzék, vagyis számlálják a bemenetükre jutó impulzusok számát. A számlálandó impulzust az órajel adja. Egy számláló áramkörnek legalább annyi egymástól megkülönböztethető állapottal kell rendelkeznie, amennyi a számlálandó impulzusok számának a maximuma. A számláló belső állapotainak számát modulusnak (M) nevezzük és ez fontos jellemzője a számlálóknak. Míg a regiszterek alapáramköre a D tároló, addig a számláló áramkörök legtipikusabb alapáramkörének a T flip-flopot tekintjük. Még a JK flip-flop is szóba jöhet. A számlálandó impulzusok száma határozza meg, hogy hány flip-flopra van szükségünk a számláló kialakításakor. Az impulzusok számlálása-kor a számolt értékeket meg is kell jeleníteni, erre a flip-flopok kimenete szolgál, ahol binárisan megkapjuk a megszámlolt impulzusokat. Ha a számláló elérte a maximális számlálási értékét, akkor előlről kezdi a számlálást (0-tól). Ha a számlálót n db flip-flopból építjük fel, akkor az n db kimeneten 2^n kombináció állítható elő, ennyi a megszámlolható impulzusok maximális száma.

7.2. A számláló áramkörök csoportosítása

A számláló áramköröknek nagyon sokféle típusuk létezik, nézzük meg mely fontos szempontok alapján csoportosíthatjuk őket:

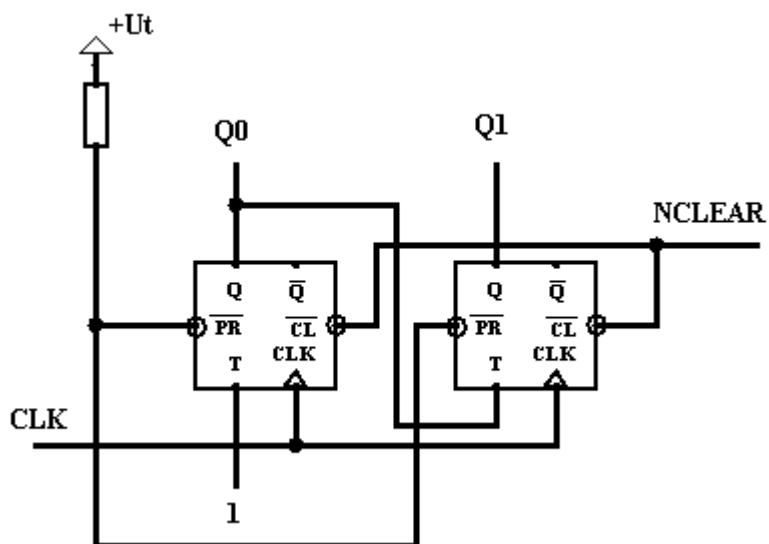
- A számlálót alkotó flip-flopok működése alapján beszélhetünk szinkron és aszinkron számlálókról.
- A kódolás alapján bináris, decimális, Gray kódú, Johnson kódú stb számlálókkal találkozhatunk.
- Az órajelbemenet típusa alapján lehetnek a számlálók élvezéreltek (fel- vagy lefutó), vagy szintvezéreltek (alacsony illetve magas szint).
- A számlálás iránya alapján egyirányú (általában felfelé) számlálókról és kétirányú (fel/le) számlálókról beszélhetünk.

A számlálót alkotó flip-flopok működése alapján megkülönböztetünk aszinkron és szinkron számlálókat. **Aszinkron** számlálóknál, a számlálót megvalósító flip-flopok nem mind ugyanarra az órajelre billenek. Általában az órajel a legkisebb helyiértéket adó flip-flop órajelbemenetét vezérli, a többi flip-flop az előző helyiértéket megvalósító flip-flop kimenetéről kapja az órajelet. Ezeknél a számlálóknál a flip-flopok nem egyszerre billenek. Az alábbi ábrán egy kétbites bináris aszinkron számláló lehetséges megvalósítását látjuk:



1. Kétbites bináris aszinkron számláló

Szinkron számlálónál a számlálót alkotó valamennyi flip-flop ugyanazt az órajelet kapja, mindegyik billenése egyidőben valósul meg. Az alábbi ábrán egy kétbites bináris szinkron számláló lehetséges megvalósítását látjuk:



2. Kétbites bináris szinkron számláló

Az aszinkron számlálók hátránya, hogy a számlálás eredménye kedvezőtlen esetben (ha valamilyen kimenet állapota megváltozik) csak az összes flip-flop billenése után jelenik meg a kimeneteken. Ez a számlálható frekvencia felső határát csökkenti, mert bizonyos szintet meghaladó sebességnél a számláló állapota hamis lehet.

A kódolás alapján is többféle számlálót különböztethetünk meg:

- bináris számlálót: a megszámlolt impulzusok számát bináris számrendszerben jeleníti meg.
- decimális számlálót: a megszámlolt impulzusok számát decimális, jobban mondva BCD kódban jeleníti meg.
- Gray kódú számlálót: az impulzusszám kódolása Gray kódban történik.
- Johnson kódú számlálót: az impulzusszám kódolása Johnson kódban történik.

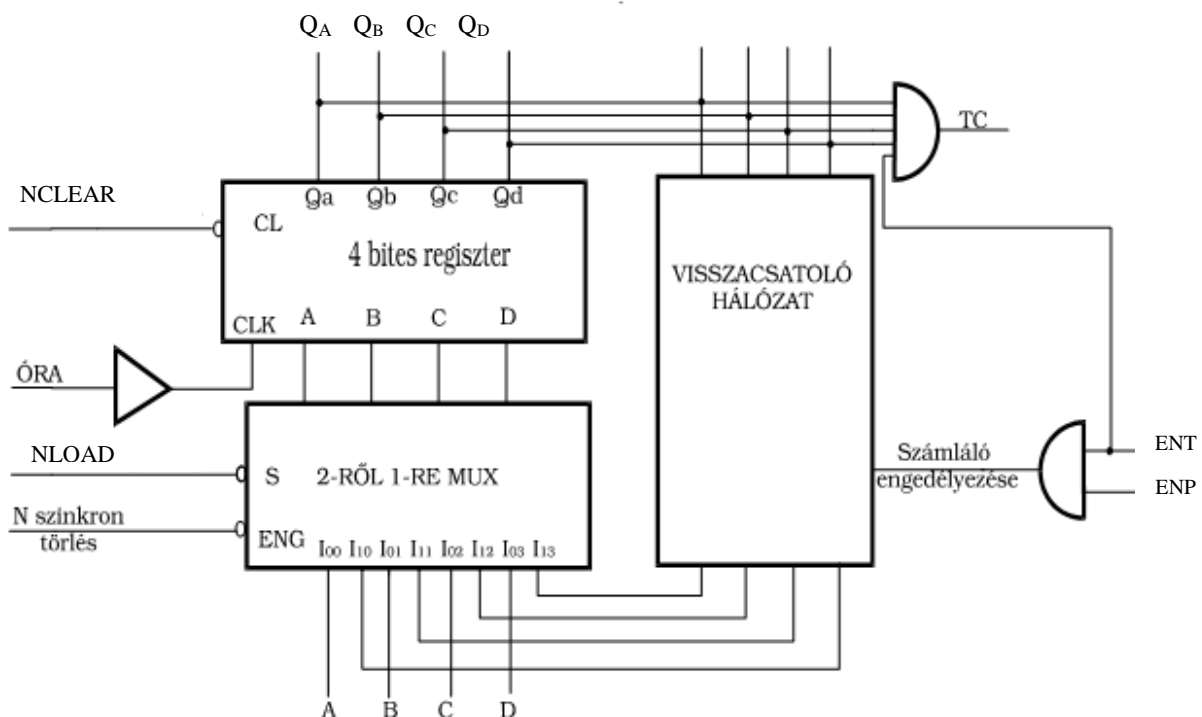
A számlálás iránya alapján egyirányban, illetve kétirányban számláló áramköröket különböztethetünk meg:

Az előre-számláló: az impulzusszám növekvő sorrendű, vagyis minden bejövő impulzus hatására eggyel növekszik az értéke (up counter).

A vissza-számláló: az impulzusszám csökkenő sorrendű, vagyis minden bejövő impulzus hatására eggyel csökken az értéke (down counter). A csak visszafelé számlálók nem terjedtek el, ezt a reverzibilis számlálókkal oldják meg.

A reverzibilis-számláló: a számlálás iránya megfordítható (angol elnevezése: up-down counter).

Az egyirányú számlálásra alkalmas 4 bites szinkron számláló általános felépítése:



3. Egyirányú számlálásra alkalmas 4 bites szinkron számláló általános felépítése

Nézzük a bemenetek, kimenetek szerepét:

Az NCLEAR törlő bemenet az egész számlánc nullázására alkalmas. Alacsony szinten aktív. Lehet szinkron és aszinkron működésű is. A nullázó jel megszűnte után a számlálás a 0000 értékről folytatódik.

Az NLOAD beíró bemeneten keresztül vezérelve a számlálóba tetszőleges 4 bites szám írható be, az A, B, C, D bemeneteken keresztül. A beíró jel megszűnése után a számlálás a megadott értékről folytatódik.

Az TC (Total Carry), vagy egyes típusoknál RCO (Ripple Carry Output) átvitelkimenet segítségével a számlálókat többhelyiértékű számlálókká kapcsolhatjuk össze. Az átvitelkimenetnek akkor kell logikai 1-nek lennie, ha a számláló állása eléri a maximális számlálási értéket. Ez bináris számlálónál az 1111b érték, decimális számlálónál az 1001b érték.

Az ENT (Enable T) engedélyező bemenet: a számlálást és az átvitelkimenetet engedélyezi. Magas szinten aktív, alacsony szint esetén a kimenetek értéke nem változhat meg.

Az ENP (Enable P) engedélyező bemenet: a számlálást engedélyezi. Magas szinten aktív, alacsony szint esetén a kimenetek értéke nem változhat meg.

A gyakorlati példáinkat a 74160-as 4 bites család 74.160, 161, 162, 163 előre számlálóira dolgoztuk ki. A családban található két előre/hátra számláló típus 74.168, 74.169 is. A 74-es sorban a számlálókról az azonos felépítésűekre elmondható, hogy a páros számra végződők tízes számrendszerben (BCD kód), a páratlan számúak bináris kódban működnek.

Minden számlálóra igaz, hogy a kezdő értéküktől, mely előre számlálóknál általában 0, végértékükig, számolnak, majd onnan visszalépnek a kezdő értékükre.

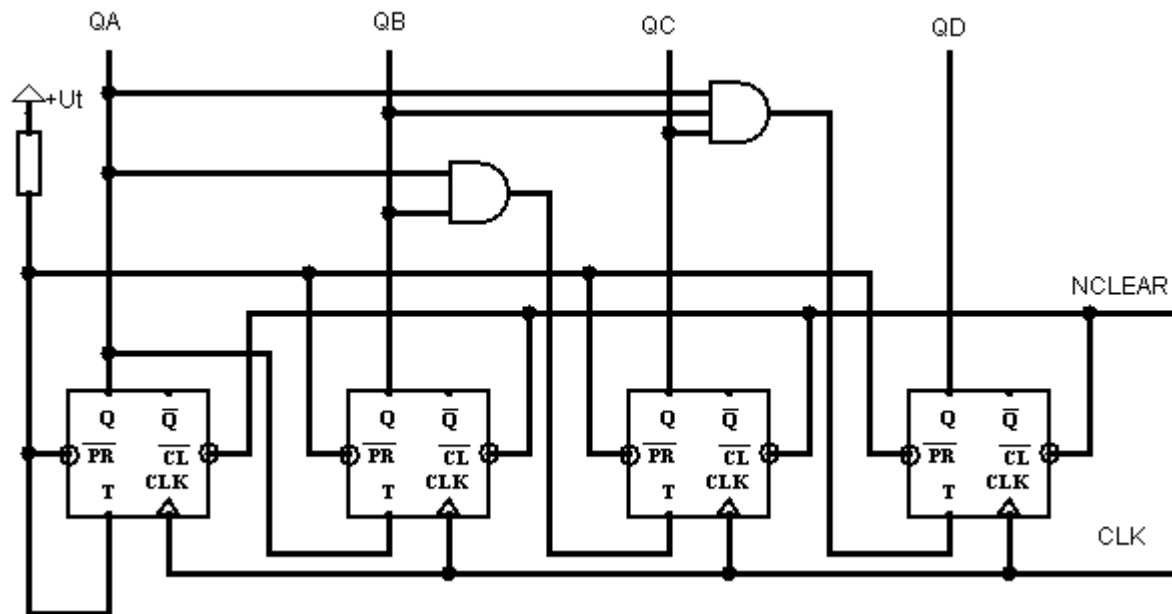
A 74160-as család általános leírása:

- Felfutó él vezérelt szinkron előre számlálók
- Totem-poole kimenetek
- Alacsony szinten aktív, NCLEAR törlést vezérlő jel
- Alacsony szinten aktív, NLOAD betöltést vezérlő jel
- Adat beíró bemenetek (A, B, C, D egyes típusoknál: a, b, c, d)
- Két darab (EP, ET), léptetést engedélyező bemenet, amelyekből az egyik (ET) az átvitel-kimenet engedélyezésére is szolgál
- Átvitel-kimenet TC, egyes gyártóknál RCO jelzéssel
- A 4 számláló, a számlálási módban és a törlőjel megoldásában különbözik.
- A vezérlő bemeneteknek van egy prioritási sora: 1. NCLEAR 2. NLOAD 3. ET 4. EP

A család egyes elemeinek eltérő tulajdonságai:

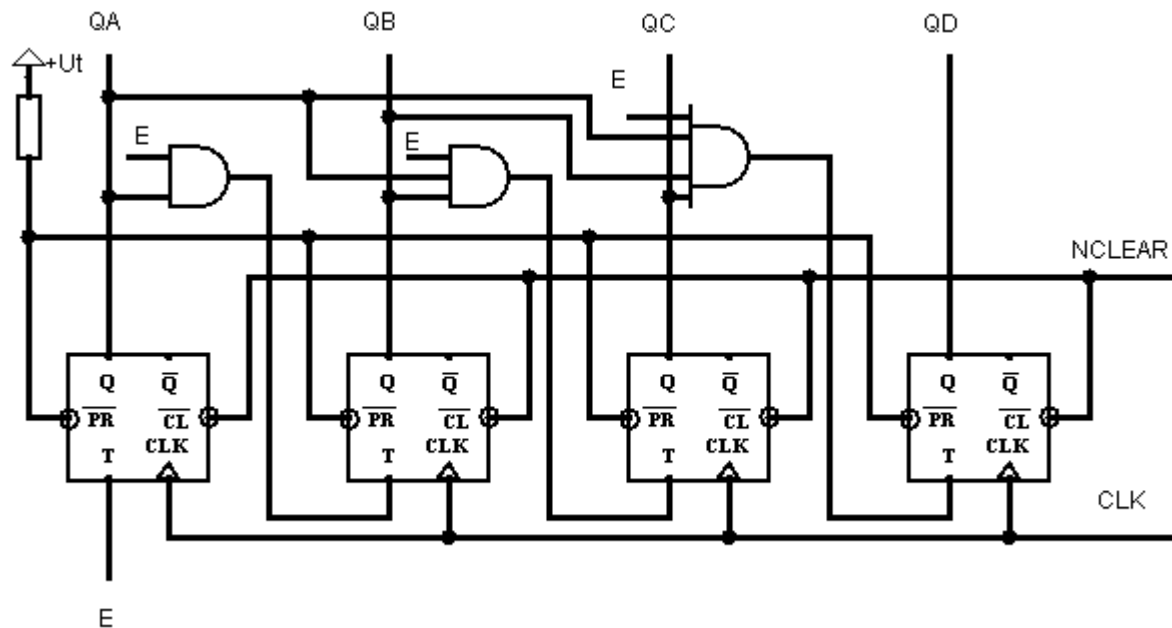
Típus:	kód	törlőjel
74.160	BCD	aszinkron
.161	BIN	aszinkron
.162	BCD	szinkron
.163	BIN	szinkron

A BCD számlálóknál a nem tízes számrendszerhez tartozó értékek (Ah, Bh, Ch, Dh, Eh, Fh) is betölthetők a számlálókba. Ilyen értékekről a léptetés esetén a számláló a tényleges kapcsolás megszabta lépési sorrend után tér vissza a BCD számokhoz. Az alábbi ábrán egy 4 bites szinkron bináris előre számláló egy lehetséges megvalósítását láthatjuk, az NCLEAR jel aszinkron.



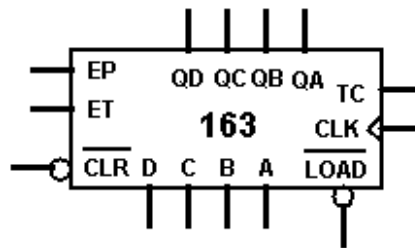
4. 4 bites szinkron bináris előre számláló

Nézzünk olyan megoldást, ahol már egy engedélyező jelünk (E) is van:



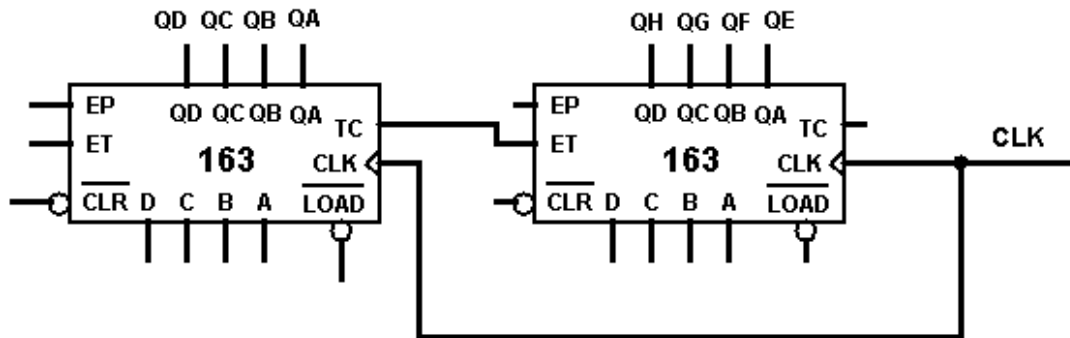
5. 4 bites szinkron bináris előre számláló, engedélyezőjellel

Nézzük meg egy 4 bites szinkron előre számláló rajzjelét, amely EP, ET engedélyezőbemenetekkel, NLOAD betöltő és NCLEAR törlőbemenettel rendelkezik:



6. 4 bites szinkron előre számláló rajzjele

Ha kettő 4 bites szinkron számlálóból szeretnénk egy 8 bites számlálót készíteni, megtehetjük, úgy, hogy a kisebb helyiértékű számláló TC kimenetét kötjük a nagyobb helyiértékű 4 bites számláló ET bemenetére. Ez a kaszkádosítás kettőnél több számláló esetén is használható.



7. 4 bites szinkron előre számlálók kaszkádosítása

A TC kimenet csak szinkron bemenet vezérlésére használható, mert funkcionális (működésből adódó) hazard léphet fel ezen a kimeneten.