

6.

Impulzus osztók, -számlálók és -szorzók

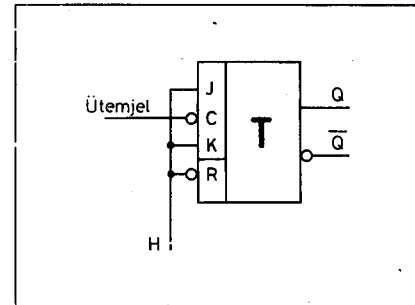
6.1.

Frekvenciaosztók

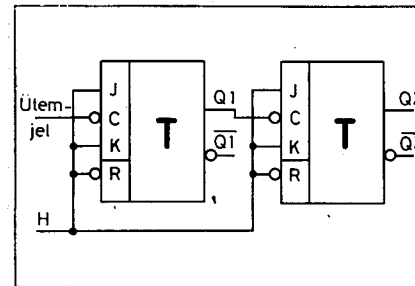
6.1.1.

Páros számú (felező) osztók

A legegyszerűbb frekvenciaosztó a JK tároló (6.1. ábra). Míntehogy ennek a tá-



6.1. ábra.
1:2 arányú frekvenciaosztó JK tárolóval



6.2. ábra.
1:4 arányú frekvenciaosztó két JK tárolóval

rolónak a kimenete az ütemjel HL átmeneténél vált át, a kimeneti impulzus kétszer szélesebb a bemeneti impulzusnál. Ez esetben tehát 1:2 arányú frekvenciaosztás jön létre.

Ha ennek a tárolónak a kimeneti impulzusát egy következő tároló vezérlésére használják, amely 1:2 arányú osztást végez, akkor az első tároló bemeneti impulzussorozatához képest 1:4 osztási arány keletkezik (6.2. ábra).

Tetszés szerinti számú tároló sorba kapcsolásával tehát tetszés szerint akárhányszor megfelelhető az adott impulzussorozat frekvenciája. Az egyes tárolók kimenetei ekkor az ütemjelre vonatkoztatva az $1:2^1$, $1:2^2$, $1:2^3$, $1:2^n$ frekvenciaarányok adódnak.

Eddig csak az az eredmény, hogy előállt egy olyan frekvencia, amely a bemeneti frekvencia tetszés szerint többször megismételt felezésének felel meg. Összekapcsolhatók azonban a tárolók úgy is, hogy tetszés szerinti egész számú osztási arányt adjanak. Ha valamilyen meghatározott és előre megadott osztási arányra van szükség, a következőképpen kell eljárni:

1. szabály:

Az osztási arány felbontása 2-es tényezőkre, és annyi tároló sorba kapcsolása, ahány 2-es tényező adódott. Ha tehát 1:16 arányú frekvenciaosztás a cél, ehhez négy tárolóra van szükség, miután $16 = 2 \cdot 2 \cdot 2 \cdot 2 = 2^4$.

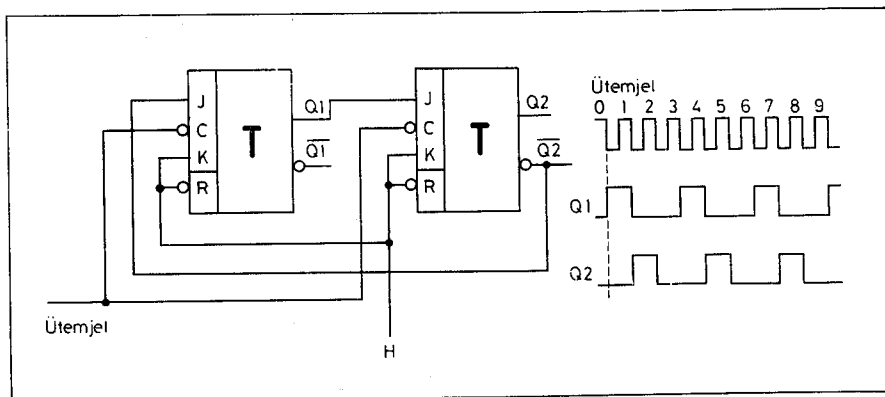
6.1.2.

Páratlan számú osztók

Ha nem lehet 2-es tényezőkre felbontani az osztási arányt, az azt jelenti, hogy páratlan az arány. Különleges esettel van dolgunk akkor, ha 1 levonásával páros számúvá (felezővé) alakítható át az osztási arány, pl. $5 = 4 + 1 = 2 \cdot 2 + 1$. Az általános kifejezés erre vonatkozóan $2^n + 1$, ahol az n valamilyen tetszés szerinti egész szám.

A fenti osztási arányok megvalósításához a tárolók JK-bemeneteit is fel kell használni, tehát részben szinkron lesz a vezérlés. A páros számú frekvenciaosztáshoz csak aszinkron vezérlék a tárolókat, azaz mindegyik kimenet a következő ütembemenetet vezérli. Hátránya a szinkron üzemhez képest kisebb üzemi frekvencia (szinkron üzemben egyidejűleg kap vezérlést minden bemenet). Előnye, hogy a JK tárolókból egyszerűbb a felépítés, nincs szükség további kapukra, úgy ahogy a tiszta szinkron üzemben kellene.

A 6.3. ábrán 1:3 osztási arányának megfelelő kapcsolási rajz és impulzus-diagramja



6.3. ábra.
Két JK tárolóból képzett, szinkron vezérlésű 1:3 arányú frekvenciaosztó kapcsolása és impulzusdiagramja

ram látható. A leosztott frekvencia a második tároló Q2 kimenetéről vehető le. Ebben az esetben két SN 7473 N típusú JK tárolóra van szükség. A második tároló $\overline{Q2}$ kimenetének visszacsatolása az első tároló J bemenetére azt eredményezi, hogy az első tároló nem képes mindjárt a második ütemimpulzus után visszabilenni a $Q1 = H$ szintre. Ez a visszabilenés csak a harmadik ütemimpulzus után következhet be, amikor az első tároló J bemenete újra H szintű. Az impulzusszünet és az impulzusszélesség aránya azonban ekkor már megváltozik. Minthogy azonban az impulzusok további felhasználása során csak a negatív (vagy pozitív) élek a döntők, a kitöltési tényezőnek gyakorlatilag nincs jelentősége. Az 1:3 osztó kapcsolási rajza igen egyszerű, mert csupán két tárolóból áll.

Az 1:5 osztási arányt megvalósító kapcsolás már a tetszés szerinti páratlan osztási arányának megfelelő általános esetet mutatja be. A működés a 6.4. ábra alapján követhető. Mindig az ütemjel HL átmenete utáni állapotok vannak megadva. Kezdetben valamennyi tároló Q kimenete L szintű.

1. ütemimpulzus:

A T1 és a T2 tároló átbillen. A T3 tároló azért nem billen át, mert J bemenetén L szint van.

2. ütemimpulzus:

A T1 és a T3 tároló egyaránt átbillen, mert a J és K bemenetükön H szint van.

3. ütemimpulzus:

A T1 tároló változatlan marad, mivel $J = \overline{Q3} = L$; és így a T2 tároló nem kap ütemimpulzust.

4. ütemimpulzus:

Mindhárom tároló átvált, mert valamennyi JK bemenet H szinten van. A T1 és a T3 tároló átbillen $Q = H$ állapotba, mert J bemenetükön H szint van. A $\overline{Q1}$ kimenet HL átmenete a T2 tárolót $Q2 = L$ állapotba billenti át.

5. ütemimpulzus

A T1 és a T3 tároló átvált L szintre, mert J bemenetük L szinten van. Így tehát az

ötödik ütemimpulzus után a kiindulási állapot visszaállt. A bemeneti ütemjelre vonatkoztatva a T2 tároló csak minden ötödik impulzus után szolgáltat kimeneti impulzust.

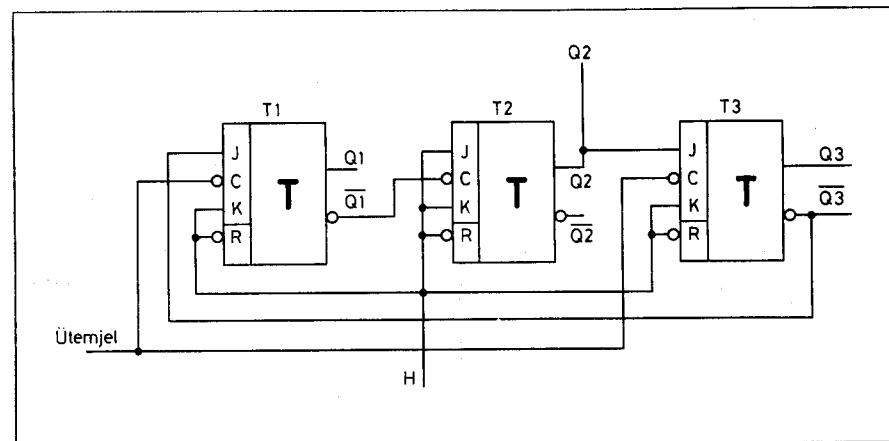
A nagyobb, például $1:(2^n + 1)$ osztási arányának megfelelő általános esetben, amikor is az osztási arány csak 1-gyel nagyobb a 2 alapszám valamelyik (a példában 2^n) hatványánál, a T2 tároló helyére egy $1:2^{n-1}$ osztási arányú aszinkron osztót kell tenni.

A megfelelő kapcsolás a 6.5. ábrán látható, a szaggatott vonallal bekeretezett rész tartalmazza a 2^{n-1} osztót.

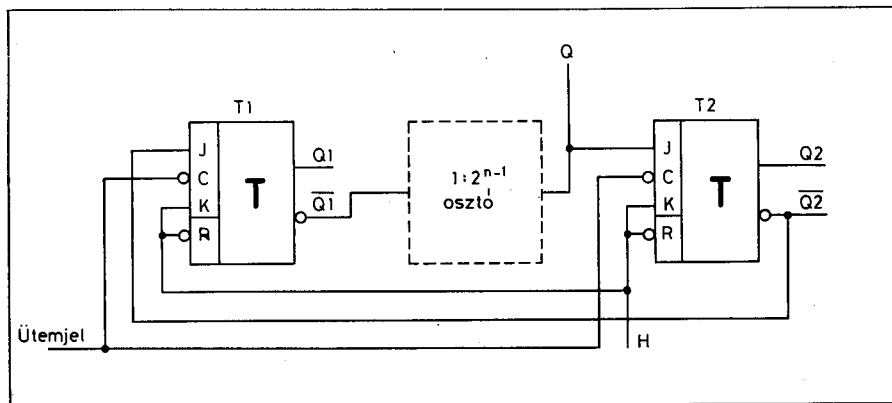
2. szabály:

Ha az osztási tényező nem hatványa 2-nek, meg kell vizsgálni, hogy 1-gyel csökkentve ezt a tényezőt, megkapható-e 2 valamelyik hatványa.

Ha a kivonás eredménye ilyen hatvány, a 6.5. ábra szerinti kapcsolás a megfelelő.



6.4. ábra.
Részben szinkron működésű 1:5 arányú frekvenciaosztó három JK tárolóval



6.5. ábra.
Az $1:(2^n + 1)$ arányú frekvenciaosztó tömbvázlata

6.1.3. Tetszés szerinti osztási arányú osztók

A frekvenciaosztók kialakítására most ismertetett eljárás csak az olyan osztási arányokra érvényes, amelyeknek osztási tényezője 2 valamelyik hatványával egyenlő, vagy 1-gyel nagyobb ilyen hatványnál. Ha mármint az osztási tényező törzstényezői közül egyik sem egyenlő 2-vel, másképpen ajánlatos felépíteni az áramköröket.

3. szabály:

Törzstényezőkre kell bontani az osztási tényezőt, és az egyes törzstényezőknél megfelelő osztókat sorbakapcsolni.

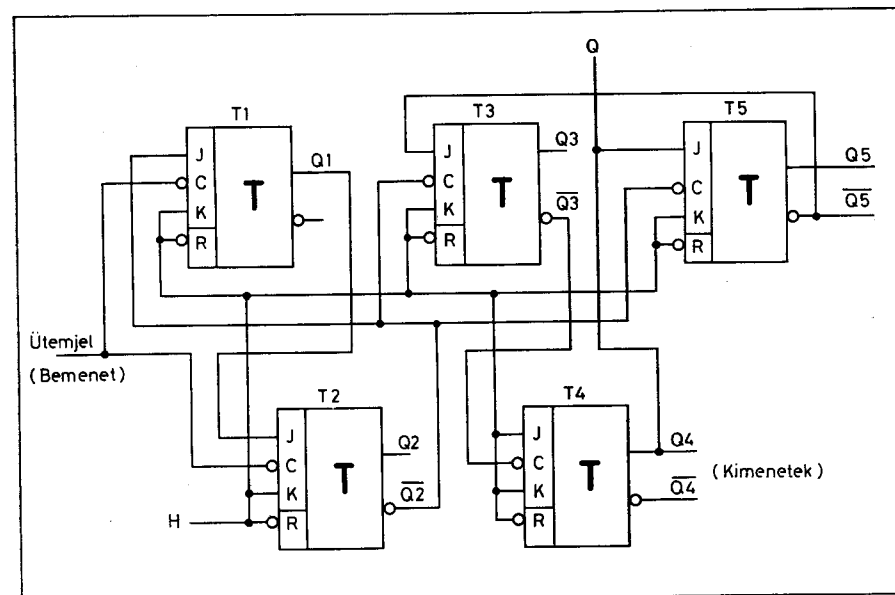
A 6.6. ábrán az az eset látható, ahogy az 1:5 és 1:3 osztási arányokból egy 1:15 osztási arányú frekvenciaosztót kell képezni. Az egyes osztók egymást működtetik, és így a szükséges alkatrészek száma nem nagy. Megjegyzendő, hogy a Q4 kimeneti jel kitöltési tényezője nem 1:1, hanem valamilyen más érték aszerint, hogy milyen az utolsó számláló-egység kimeneti jele.

A nagyobb prímszámokkal úgy kell eljárni, hogy előbb le kell vonni 1-et majd az 1. és a 3. szabályt követni. Példaként a 6.7. ábrán látható a $31 = 2 \cdot 15 + 1$ prímszámnak megfelelő kapcsolási rajz.

A frekvenciaosztó nem más, mint a számlálók legegyszerűbb formája. Összead bizonyos mennyiségű impulzust és jelzi az összeg elérését. Ezután visszabillen a nullaállapotba. Ilyen impulzusszámlálókat változatlan számlálási sorozatokra gyakran alkalmaznak a gyakorlatban. Minthogy az impulzussorozatok többnyire igen hosszúak, az ilyen számlálók felépítéséhez nagyon sok alkatrésze volna szükség. További kapukkal, ezenkívül pedig a törölő (clear-) és a beíró (preset-) bemenet alkalmazásával csökkenteni lehet a szükséges áramköri egységek számát: a kívánt impulzusszám elérése után a számláló, illetve osztó mindig visszaállítandó a nullahelyzetbe.

4. szabály:

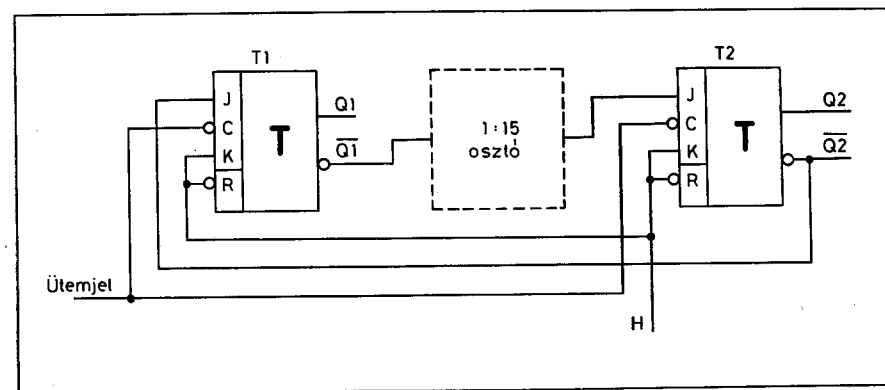
Ha N-ig kell számolni, mindenekelőtt felírjuk az $N \cong 2^n$ hatványt: n megadja az 1. szabály szerint összekapcsolandó



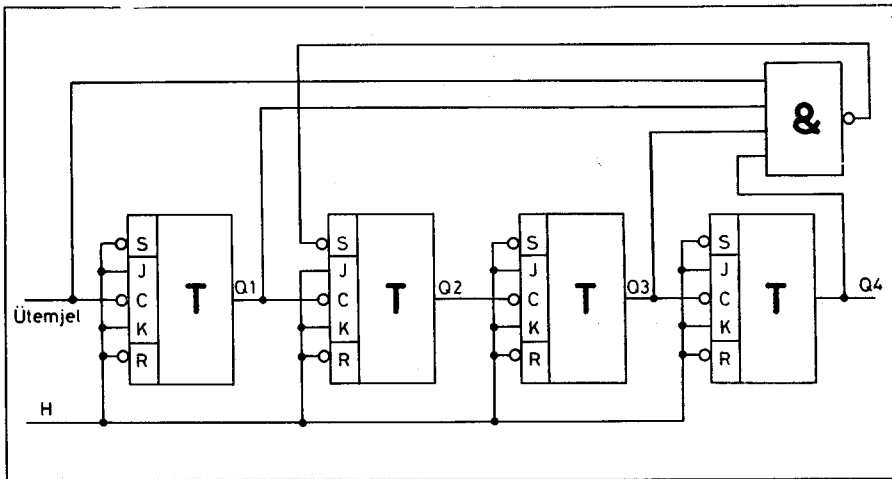
6.6. ábra.
1:5 és 1:3 osztású egységekből összeállított 1:15 arányú frekvenciaosztó

tárolók számát. Mindazokat a Q kimeneteket, amelyek a kívánt szám elérése előtt, azaz amelyek az N-1 szám elérésekor H szinten vannak, össze kell kötni egy NEM-ÉS (NAND) kapu bemeneteivel.

Az ütemimpulzust is a kapura kell vezetni. A kapu kimenetét össze kell kötni azoknak a tárolóknak a beíró (set, preset) bemenetével, amelyek az N-1 szám elérésekor L szintet adnak a Q kimeneten.



6.7. ábra.
Frekvenciaosztó a 31-es törzsszám szerinti osztáshoz



6.8. ábra.
1:14 osztású frekvenciaosztó az SN 7476 típusú tárolók felhasználásával

Egy ilyen osztót az $N=14$ számra a 6.8. ábra mutat. Minthogy $N=14 < 2^4$, összesen négy tárolóra van szükség. A 13-as szám elérésekor csak a második tároló kimenetén van L szint. E tároló beíró (S) bemenetét tehát össze kell kötni a NEM—ÉS (NAND) kapu kimenetével. Az áramköri egységek számában elért megtakarítás akkor érzékelhető, ha összehasonlításra kerül az eredmény.

A 31-es prímszámnak megfelelő frekvenciaosztóhoz (6.7. ábra) összesen hét tárolóra volt szükség. A 4. szabály szerinti felépítés csak öt tárolót igényel, mert $31 < 2^5$; ezenkívül még egy kapura is szükség van.

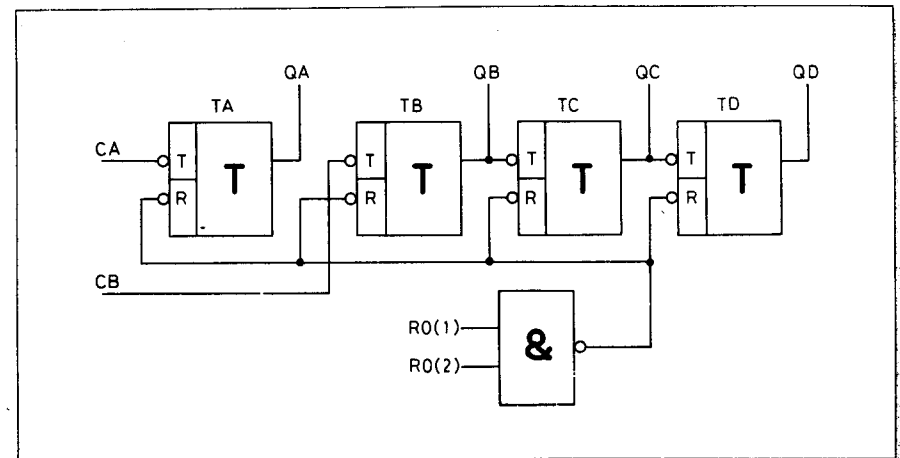
6.1.4. Frekvenciaosztók az SN 7490, SN 7492 és SN 7493 típusú áramkörökkel

Ezek az áramköri egységek mind négy-négy tárolót tartalmaznak [pl. 6.9 (a) ábra]. Az összekötéseket részben az egy-

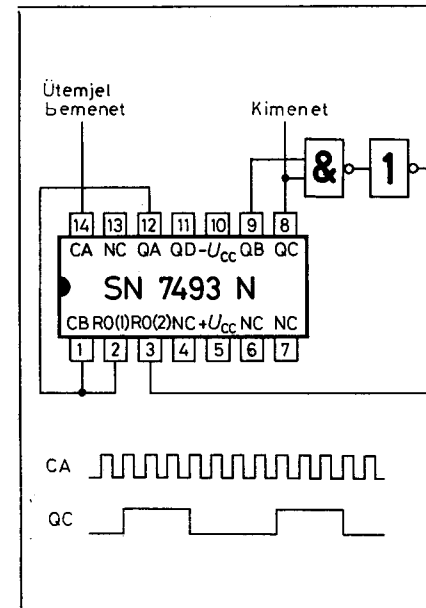
ség belsejében létesítették, miután a DIL-tok 14 kivezetése nem elegendő valamennyi be- és kimenet kivezetésére. A törőbemenet közös, ezen keresztül nullára állítható mind a négy tárolót nullára állítani [pl. 6.9. (a) ábra]. A QA, QB, QC és QD kimeneti jeleket — hogy egy bizonyos helyen meg lehessen szakítani az impulzusokat — a visszaállító bemenetekre vezetnek vissza. Így az ütembemenettől függetlenül nullára állítható a számláló. A megfelelő kimenőjelek összekapcsolásához bizonyos esetekben további kapu-áramkörök szükségesek.

A legnagyobb számlálási frekvenciát az szabja meg, hogy az ütemjelnek csak 40 ns elmúltá után szabad visszatérnie az L szintre.

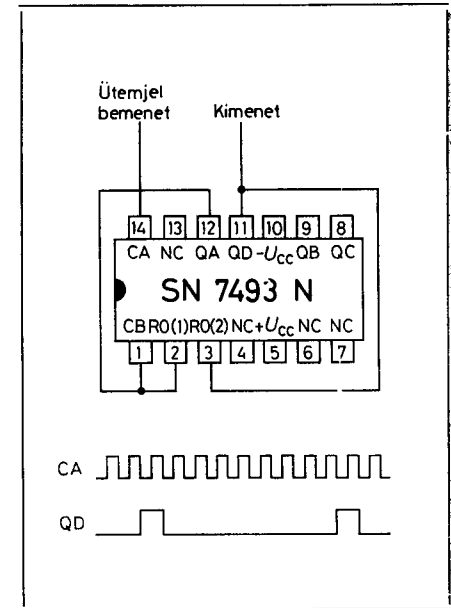
Azokat a kimeneteket, amelyek az N (osztási arány) szám elérésekor H szinten vannak, az R0(1) és R0(2) visszaállító bemenetekre kötik. Az N elérése után vissza kell állítani a számlálót, hogy a Q kimenetek mind L szintre kerüljenek, és ezután előlről kezdődhet a számlálás.



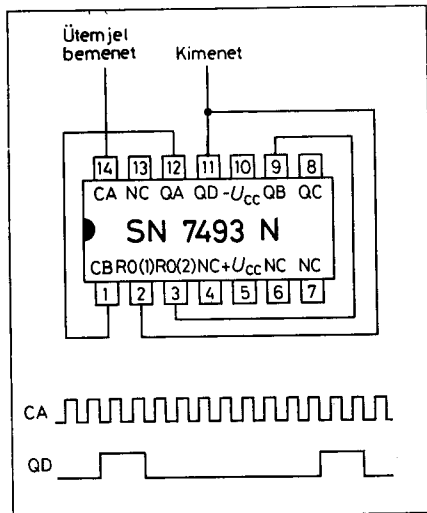
6.9. (a) ábra.
Az SN 7493 típusú bináris számláló logikai vázlata



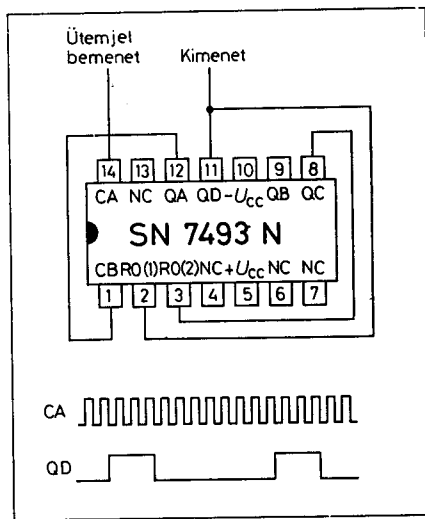
6.9. (b) ábra.
1:7 osztású frekvenciaosztó az SN 7493 típusú bináris számláló felhasználásával



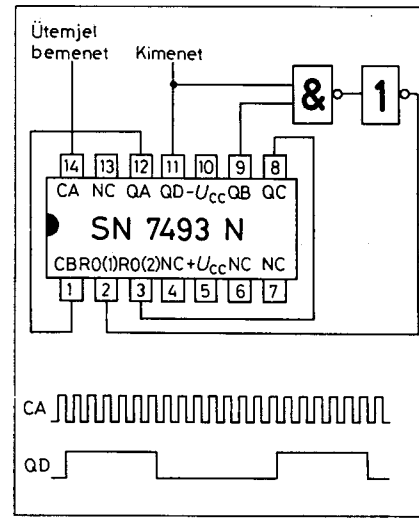
6.10. ábra.
1:9 osztású frekvenciaosztó kialakítása az SN 7493 típusú bináris számláló felhasználásával



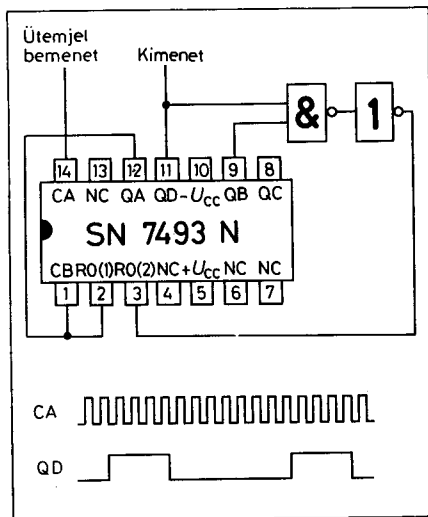
6.11. ábra.
1:10 osztású frekvenciaosztó kialakítása
SN 7493 típusú bináris számláló felhasználá-
sásával



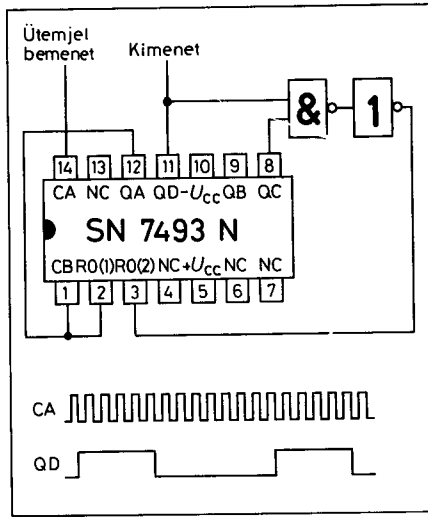
6.12. (b) ábra.
1:12 osztású frekvenciaosztó kialakítása
SN 7493 típusú bináris számláló felhasználá-
sával (Az impulzusdiagram 6.12. (a) ábrához
tartozik)



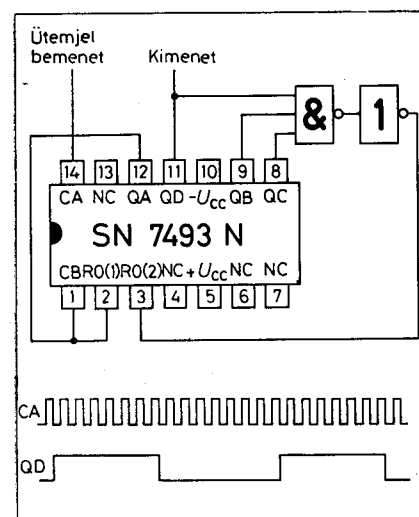
6.14. ábra.
1:14 osztású frekvenciaosztó kialakítása
SN 7493 típusú bináris számláló felhasználá-
sáva



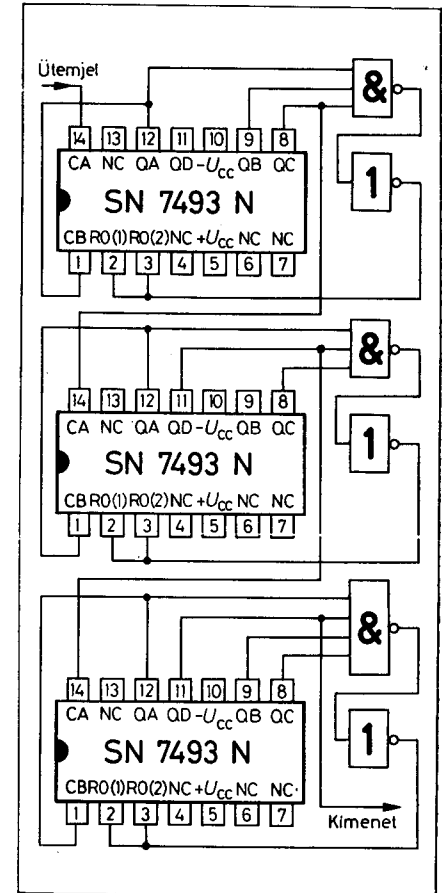
6.12. (a) ábra.
1:11 osztású frekvenciaosztó kialakítása
SN 7493 típusú bináris számláló felhasználá-
sával (Az impulzusdiagram a 6.12. (b) áb-
rához tartozik)



6.13. ábra.
1:13 osztású frekvenciaosztó kialakítása
SN 7493 típusú bináris számláló felhasználá-
sával



6.15. ábra.
1:15 osztású frekvenciaosztó kialakítása
SN 7493 típusú bináris számláló felhasználá-
sával



6.16. ábra.
1:1365 osztású frekvenciaosztó kialakítása
három SN 7493 típusú bináris számláló fel-
használásával

A 6.9...6.15. ábrákon az SN 7493 tí-
pusú számláló olyan kapcsolásai lát-
hatók, amelyekkel 1:7, 1:9, 1:10, 1:11,
1:12, 1:13, 1:14 és 1:15 arányú frek-
venciaosztás végezhető. A nagy osztási
arányú frekvenciaosztók a prímszámok
szorzataival valósíthatók meg.

Mint ahogy egy SN 7493 típusú IC-vel
1:2, 1:3, 1:4, 1:5, 1:6...1:16 arányban

lehet osztani, több IC felhasználásával nagyobb arányú frekvenciaosztók építhetők meg úgy, hogy az eredő osztási arány az egyes osztási arányok szorzata. A 6.16. ábrán látható példaként egy olyan osztó, amelynek osztási aránya 1:1365. Ez az arány a $7 \cdot 13 \cdot 15$ tényezőkből tevődik össze; az első fokozat 1:7, a második 1:13 és a harmadik 1:15 arányú osztó.

6.2. Számlálók

6.2.1. A számlálás alapjai

A számlálás általában értékek vagy mennyiségek folyamatos összeadását és tárolását jelenti. Minden egyes lépésben hozzáadnak egy bizonyos értéket a meglévő összeghez, és most már az új összeget tárolják. Ebből két alapkövetelmény adódik a számlálókra:

1. az összeadás és
2. a tárolás.

Az elektronikában nagyon jól felhasználható a kettes (bináris) számrendszer a számok előállítására, ugyanis „van feszültség” és „nincs feszültség” vagy „folyik áram” és „nem folyik áram” alapján könnyen megvalósíthatók a bináris állapotok. Míg a 10-es számrendszerben 0-tól 9-ig terjedő számjegyek vannak, a 2-es számrendszerben csak két számjegy van: **0** és **1**, amelyekhez a **nem** és **igen**, illetve az **L** és **H** szint rendelhetők.

Mindkét számrendszerben a számjegyek még súlyozást — helyértéket — is kapnak.

A decimális számjegyeket a helyüknek megfelelően a 10-nek valamelyik hat-

ványával kell megszorozni. A 987 szám például a

$$9 \cdot 10^2 + 8 \cdot 10^1 + 7 \cdot 10^0$$

összeget jelenti.

A 2-es (bináris) számrendszerben a 2 hatványainak összegével számolnak és e hatványok meglétét és hiányát az igen és nem értelmezéssel **1** és **0** számokkal, illetve **H** és **L** szintállapotokkal jelzik.

Itt a 2-es alap hatványait balról jobbra felírva mint összeg képzelhető el:

$$2^n + 2^{n-1} + \dots + 2^4 + 2^3 + 2^2 + 2^1 + 2^0.$$

A decimális rendszerben felírt 19 a bináris rendszerben a $2^4=16$, $2^1=2$ és $2^0=1$ hatványok összegével fejezhető ki, azaz a bináris rendszer számjegyeivel leírva **10011**. Ebben az utóbbi számsorban az **1** azt jelenti, hogy a kérdéses helyen a 2 megfelelő hatványát számításba kell venni, míg a **0** viszont azt, hogy azon a helyen elhagyandó a 2 megfelelő hatvánnyal képzett értéke. Az **1** által képviselt értékek összege adja meg a kívánt számot.

Ha számításokat kell végezni a kettes számrendszerben, a **0** és az **1** értékeket az azonos helyértékeken összeadják.

A bináris számok összeadási szabálya értelmében:

$$0 + 0 = 0$$

$$0 + 1 = 1$$

$$1 + 0 = 1$$

$$1 + 1 = 0 \text{ és marad } 1, \text{ (ez az átvitel).}$$

Több jel összegezése hozzáadással a gyakorlatban impulzusszámlálásnak felel meg. Szükség van tehát egy áramköri egységre, amely képes összeadni az impulzusokat és tárolni a közbenső összeget. Ez az áramköri egység a tároló, mert ezzel korlátlan ideig rögzíthető (tárolható) egy bizonyos állapota az áramkörnek.

Az előzőekből ismeretes, hogy több JK tároló sorba kapcsolásával lehetővé válik az impulzussorozatok osztása. Egy bizonyos számú bemeneti impulzus után visszakerül a kimenet a kiindulási állapotba. Ez azt jelenti, hogy az áramköri egység jelzi a bemeneti impulzusok valamilyen összegének az elérését, tehát megszámlálja az impulzusokat.

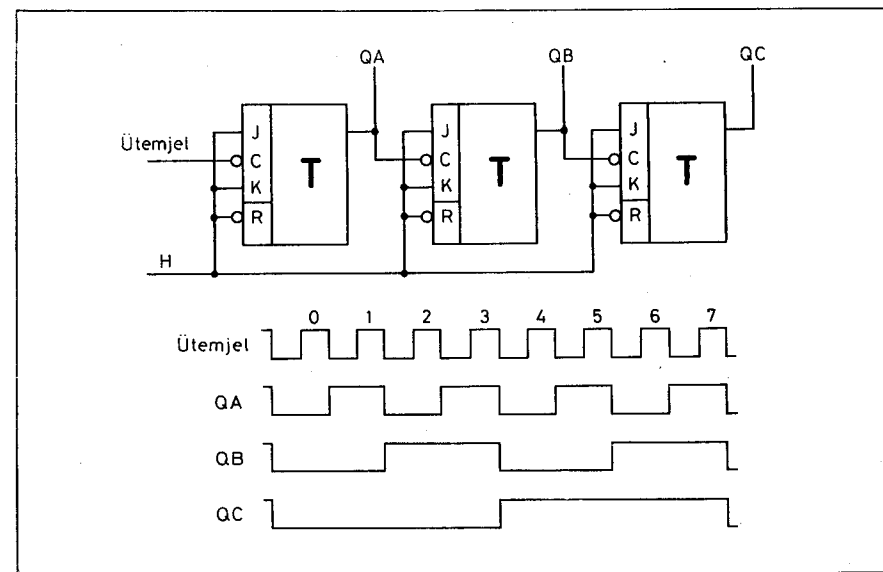
Az ilyen számlálóknak megvan az a hátránya, hogy csak a végösszeg elérését jelzi, a közbenső értékekről nem mond semmit. Azért, hogy a közbenső értékeket is meg lehessen kapni, nemcsak az utolsó tároló kimentét kell figyelni, hanem a közbensőket is.

Célszerű példaként három sorba kapcsolt tárolónál megfigyelni az egyes kimenetek jeleit. Tárolónkint elegendő csak az egyik kimenetet vizsgálni, mert a másik kimenet amúgy is *csak* az invertált jelet szolgáltatja (6.17. ábra).

6.1. táblázat

A hétig való számlálás menete

	QC	QB	QA	
	0	0	0	0
plusz			1	
	0	0	1	1
plusz			1	
	0	1	0	2
plusz			1	
	0	1	1	3
plusz			1	
	1	0	0	4
plusz			1	
	1	0	1	5
plusz			1	
	1	1	0	6
plusz			1	
	1	1	1	7



6.17. ábra. 0-tól 7-ig számláló aszinkron bináris számláló