

leosztását végezhetik, valamint az időzítő, időmérő, TIMER számlálók, amelyek az időmérést végzik. Ide sorolhatjuk az "óra-IC"-ket is, amelyekhez rendszerint csak LCD kijelzőt kell kapcsolnunk, és végeredményben ide tartoznak a ma már dömping cikkeknek számító kvarc-karóra elektronikák is. (Példák: a TTL-ben egy tokban 2 db 50 MHz-es dekádszámláló az SN 49705 N, vagy egyetlen 8 lábu tokban 2 db 5-ös, valamint egy 2-es osztó az SN 49710 P, amely utóbbi a hálózati 50 Hz 1 Hz-re való leosztásához készült, "ipari timer" a CMOS családban az MC 14566 B, és programozható timer IC az MC 14541 B, stb.)

Frekvencia- és időmérőkhöz, szintetizáló elven működő generátorokhoz, nagyfrekvenciás rádió vevőkészülékekhez használatosak az elő-számlálók, pre-scalerek. Ezek talán a leginkább "kielevezett" specifikációjú típusok: igen nagy frekvencián is működnek. Amíg egy normál TTL számláló max. 15...25 MHz-es órajel frekvenciával számolhat, a pre-scalerek 100 MHz, n.100 MHz, sőt egyes típusok GHz (!) tartományban is alkalmazhatók frekvenciaosztóként. (Gondoljuk el, milyen nagy határfrekvenciájú eszköznek kell lennie annak, amely még GHz-en, mint flip-flop billenni tud, azaz erősítése jóval nagyobb 1-nél.) Áramkörüi kivitelükre nézve ezek általában ECL, EFL, esetleg Schottky I^2L megoldásuak.

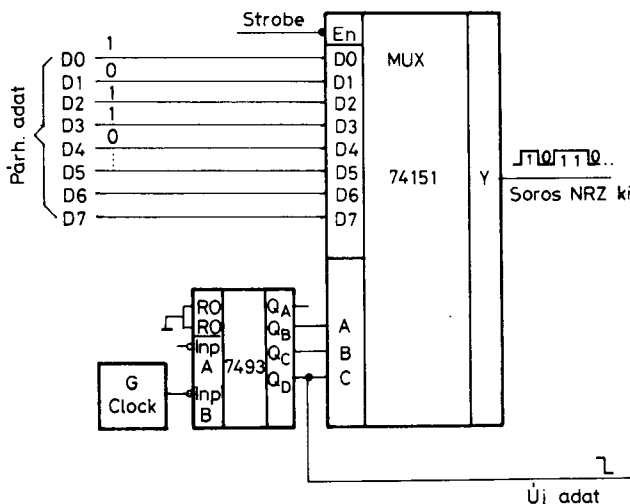
Kaphatók ezenkívül számlálókat (és még több más egységet) tartalmazó PLL szintetizátorok, sebesség-szabályozók és még sok egyéb áramkör - ezeket katalógusokban kutassuk fel és tanulmányozzuk (sokszor egy-egy katalógusból több információhoz juthatunk, mint egy egész könyvből vagy jegyzet-kötetből!).

1.1.4. A számlálók alkalmazásának néhány tipikus példája

Az előzőkből arra következtethetünk, hogy szinte minden számlálással kapcsolatos feladat megoldására van valamely cél-áramkör típus. A gyakorlatban mégis nagyon sokszor kell elemekből áramkört építenünk, vagy azért, mert éppen nem áll rendelkezésünkre a kívánt cél-típus, vagy azért mert a kitűzött specifikációk - sebesség, vezérlő jelek, stb. - eltérnek a típusra megadott specifikációktól. Kezdetnek néhány gyakran előforduló feladathoz állítunk össze áramkört.

Párhuzamos-soros kód-átalakító

Legyen feladatunk 8 vezetéken érkező párhuzamos jelnek soros NRZ jellé való átalakítása. Ez - többek között - oly módon történhet, hogy a párhuzamos jel bit-jeit sorrendben, egyenként "lekérdezzük", vagyis a bemeneti bit-vezetéseket sorban egymás után a közös (soros) kimenetre kapcsoljuk. Már ismerünk olyan áramkört, amelynek több bemenete közül a kiválasztott (megcímezett) bemenete kapcsolódik a kimenetére: ez a multiplexer. A sorban, egymás után való lekérdezést magától értetődően úgy valósíthatjuk meg, hogy a multiplexer cím bemeneteire sorban, egyre növekvő bináris számokat adunk, célszerűen egy bináris előreszámlálóval, amely egy clock jelre számol. A kapcsolás így az 1.45. ábra szerinti lehet. A TTL típusválasztékból a 74151-es 8 bemenetű multiplexert és a 7493-as bináris számlálót használhatjuk. Mivel csak 8 állapotra van szükségünk, a számláló 3 bitjét használjuk csak ki: a CLOCK-jel az INPUT B-re megy, a Q_B , Q_C és Q_D kimenetek címezik sorban a multiplexert. Az A flip-flopot nem használjuk. Amikor a számláló elérte az 111 állapotot, tovább számol, és visszaugrik 000-ra, ekkor lehet a párhuzamos bemenetek jelét egy ujabbra kicserélni - ezt a pillanatot jelzi az MSB Q_D kimeneten jelentkező 1-0 átmenet. Most már ennek az új párhuzamos adatnak a megfelelője jelenik meg sorban, időben egymás

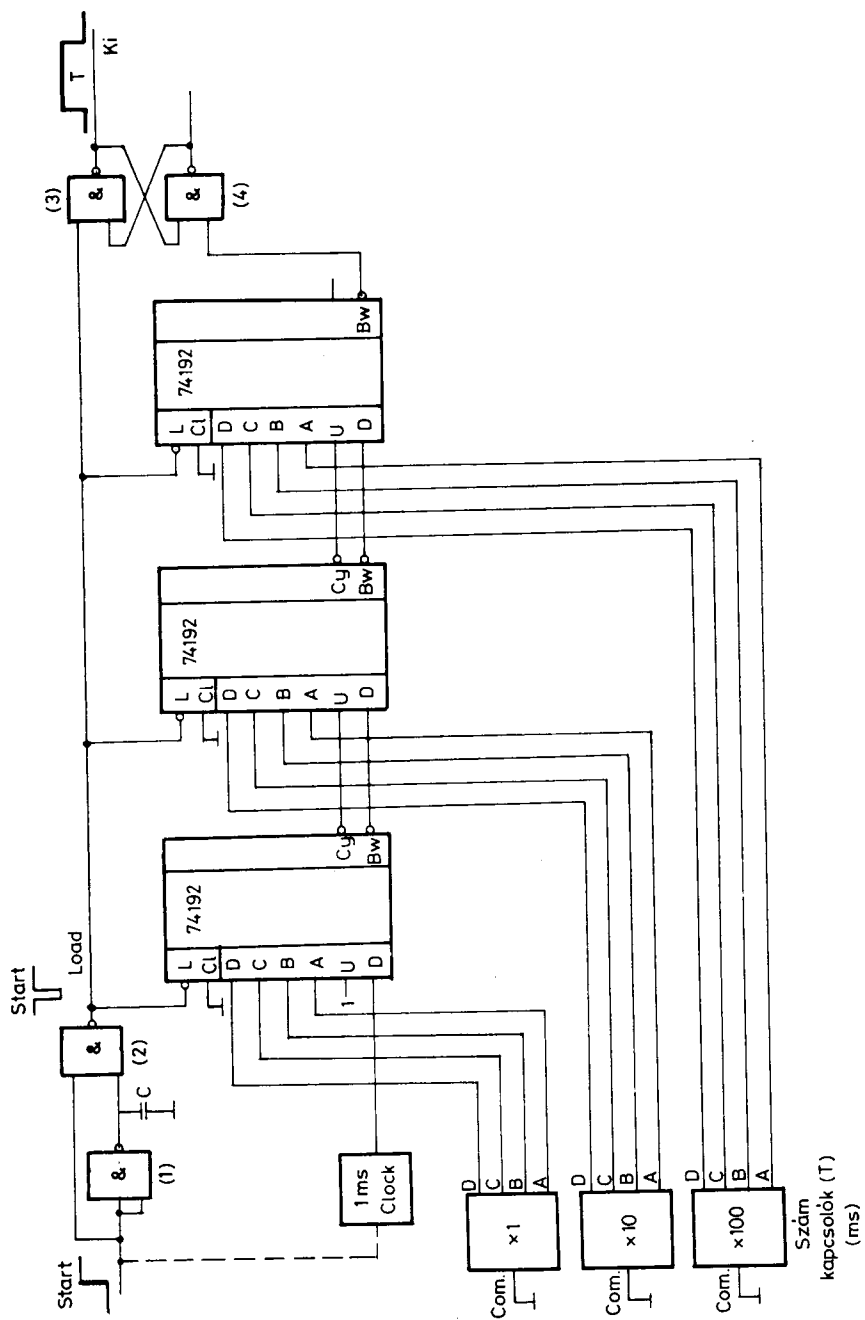


1.45. ábra.

után, bitenként a kimeneten. Természetesen a kapcsolás nemcsak 8 bites lehet, hanem a multiplexer bemenetek számától, és a számláló bit számától függően szinte tetszőleges (16 bemenetű multiplexer a 74150-es, de a multiplexer további bővítési lehetőségei ismereteseek). Érdemes megjegyezni, hogy a párhuzamos-soros átalakításnak ez csak egyik módja, ugyanezt a feladatot a később ismertetésre kerülő shift-regiszterekkel is megoldhatjuk. A most felvázolt multiplexeres kapcsolást a párhuzamos-soros jelátalakításon kívül "programozható generátor"-ként is használhatjuk (az adott bemenetre helyezett kapcsolókkal állítható be a "program").

Időzítő, időtartam kapcsoló

A feladat az, hogy a START (0-ról 1-re ugrás) pillanatában az időzítő kimeneti jele menjen 1-be, majd pl. BCD élke-rekes számkapcsolókon beállított idő elteltével ismét térjen vissza 0-ba, csak az újabb START-ra kezdődjön egy újabb időzési ciklus. Tegyük fel, hogy 3 dekád-kapcsolóval kell a kiadott jel hosszúságát ms-ban beállítanunk (0...999 ms), és nem áll rendelkezésünkre kész LSI időzítő, és nem is számítástechnikai módszerekkel (mikroprocesszorral) oldjuk meg a feladatot, hanem magunknak kell elemekből építkeznünk. A megoldásra alapvetően két mód kínálkozik: a) A START jellel egy felfelé számlálót indítunk, amely 1 kHz-es órajelet számol. Kimenetei egy digitális összehasonlító (komparátor) áramkör bemeneteire kerülnek. Az összehasonlító másik oldalára a számkapcsoló jeleit vezetjük. Amikor a számláló eléri az előre beállított számot, a komparátor jelez, és leállítja az időzítőt. (Addigi tanulmányaink alapján ez a megoldás magától értetődőnek látszik, de mindig gondolkoznunk kell azon, hogy nincs-e egyszerűbb, kevesebb IC-t igénylő megoldás, ehhez ugyanis biztosan szükséges három BCD számláló tok és három darab komparátor tok, nem beszélve az egyéb kiegészítő elemekről - a kapcsolás megtervezését az olvasóra bizzuk.) b) Felhasználva a típusválasztékra vonatkozó ismereteinket, preszethető (tölthető), visszafelé számlálót alkalmazunk: a START pillanatában párhuzamosan betöltjük a számkapcsolókon beállított jelet, majd ettől a számtól kezdve számoltatjuk visszafelé a számlálót az 1 ms-os időalap jellel mindaddig, amíg a zérust el nem éri. TTL 74192 ti-



1.46. ábra.

pust választva, a zérus elérését a BORROW kimeneten megjelenő logikai 0 jelzi, ezzel kell leállítanunk az időtartam-kapcsolót. Az 1.46. ábra kapcsolásán az (1) és (2) kapu egy monostabil alkot, amelyben C értéke nem kritikus; a feladat csupán az, hogy a START jel 0-1 átmenetéből egy rövid idejű "0" impulzus keletkezzen (nehogy hibát okozzon, ha a START jelet hosszú ideig 1-ben tartjuk). Ez tölti be a számlálóba a $t=0$ időpillanatban a számkapcsolók tartalmát, valamint billenti 1-be a (3) és (4) kapuból alkotott bistabil, így a kimenet jele 1-be kerül, kezdetét veszi az időzítés. A számláló az 1 s-os CLOCK jelére visszafelé számol a betöltött T számtól zérusig. A nulla elérésekor az utolsó dekádszámláló kimenetén a BORROW logikai 0-ba megy, és visszabillenti a kimeneti flip-flopot; letelt a T idő, a kimenet visszaugrik 0-ba. (A számláló ezután folytatja a visszaszámlálást, többször is előállít BORROW jelet, de ez a kimeneten nem okoz változást, hiszen a flip-flop már visszabillent. Ujabb töltés és a kimenet 1-be kerülése csak újabb START jelre történik. Amennyiben TTL számlálókat alkalmazunk, a bemeneti, T beállító jelet adó számkapcsolók kiválasztására nagy gondot kell fordítanunk: figyelembe kell vennünk, hogy az a TTL bemenet, amely szabadon van, 1-es vezérlésűnek számít. Ezért olyan számkapcsolóra van szükség, amely a benne lévő 4 "kis kapcsolót" a beállított számnak megfelelő kódban megszakítja, a többi a "COM", közös ponthoz kapcsolja, és ezt a "COM"-ot 0 V-ra, azaz logikai 0-ra kötjük. Természetesen a bemeneteken nemcsak számkapcsolók lehetnek, az "időtartam program" egy másik digitális egységből is érkezik.

Ebben a kapcsolásban egységnyi, "1 count" (1 ms) bizonytalanságot okoz az, hogy az indítás pillanatában lehet, hogy azonnal érkezik egy CLOCK-jel, de az is lehet, hogy éppen az indítás előtt érkezett, ekkor gyakorlatilag az indítás után egy CLOCK periódus múlva történik számolás. A digitális eszközök, mérőberendezések pontossági specifikációi között ehhez hasonló okok miatt általában ott találjuk a +1 digit (+1 count) járulékos hibát. A legtöbb esetben azonban, mint jelenleg is, nem szükségeszerű ennek a hibának a bekövetkezése. "Indítható" CLOCK generátorral, amelyet szintén a START jellel vezérelünk (l. a 1.46. ábrán szaggatott vonal) elérhetjük, hogy az első

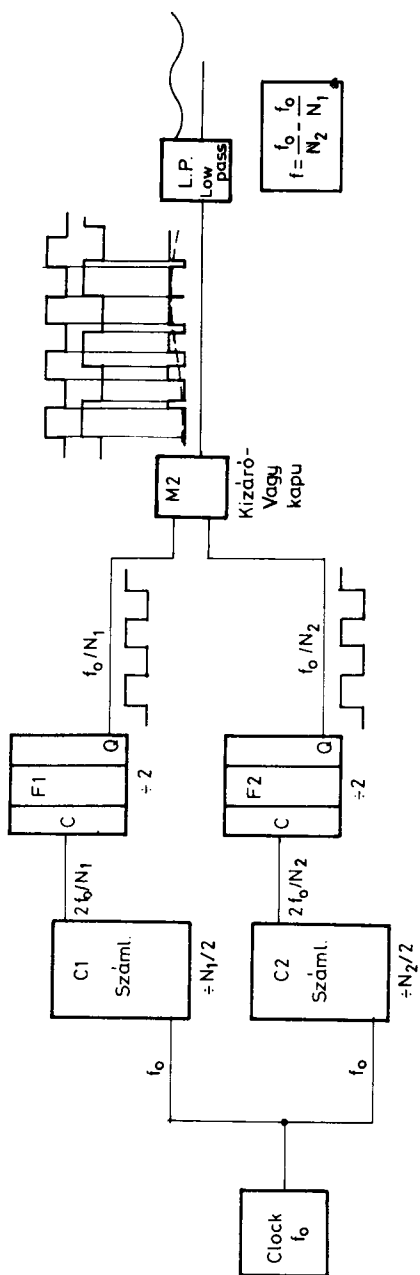
számolás pontosan 1 ms múlva következzen be, és így az időzítés pontosan az előre beállított periódusszámnak megfelelő legyen.

Digitális szinusz generátor

Az alapismeretek tanulásakor a kizáró-VAGY kapuval kapcsolatban szó volt arról, hogy ha ezen kapu 2 bemenetéhez eltérő frekvenciájú, 50 %-os kitöltésű (logikai szintű) négyszögjelet vezetünk, akkor e kimeneten olyan "impulzusszélesség modulált" jel keletkezik, amelynek középértéke pontosan szinuszjelet ad (a kimeneten keletkező impulzusok egyre "szélesednek", majd egyre "fogynak"). A kimeneti jel ismétlődési frekvenciája a kizáró-VAGY kapu bemenetére kerülő jelek frekvenciájának a különbsége. Ezzel a módszerrel (akár kvarcpontossággal) egészen kis frekvenciájú szinusz jelet is előállíthatunk. Az áramkör felépítésekor kamatoztathatjuk a modulo-N számlálókra vonatkozó ismereteinket. Az általában nagyfrekvenciásra választott f_0 CLOCK-jelet két különböző osztású modulo-N számlálóval osztjuk le. Mindkét számláló egy 2-es osztású flip-floppal "ér véget" azért, hogy a leosztott jel szimmetrikus, 50 %-os kitöltésű legyen (a számláló modulusa N_1 és N_2 természetesen a flip-flopok 2-es osztásával együtt értendő). A kétféle jel kerül azután a kizáró-VAGY kapura, ahol a PDM (Pulse Duration Modulated) jel előáll (1.47. ábra). Ebből a szinusz jelet aluláteresztő szűrővel nyerjük. Az előállított szinusz annál precízebb, minél több mintából, elemi impulzusból áll, ezért célszerű f_0 -t nagyra választani. Az előálló különbségi frekvencia:

$$f = \frac{f_0}{N_2} - \frac{f_0}{N_1}.$$

amiből kívánt f esetére f_0 , N_1 és N_2 megválasztható, ill. meghatározható. Ha az f_0 frekvenciájú jelet előállító generátor kvarcoszcillátor, akkor az előállított f is kvarcpontosságú lesz (N_1 és N_2 időben nem változik)! A digitális jelforma generálásnak más módja is van, pl. egy ROM-ban (olvasható memóriában) tároljuk egymás után következő címeken a megfelelő szinusz értékeket ("függvénytáblázatot"), majd egy számlánc segít-



1.47. ábra.

ségével végzett folyamatos címzéssel a ROM-ból egymás után kiolvassuk ezeket. Az így kijövő párhuzamos jel sorozatot (szó-sorozatot) egy digitál-analóg átalakítóval és némi szűréssel alakítjuk "folyamatos" analóg kimeneti jellé. (Egy teljes függvény táblázat tárolása és kiolvasása bonyolult megoldásnak látszik, de figyelembe véve a ma rendelkezésre álló LSI típusválasztékot, valamint azt, hogy az "intelligens" készülékekhez való alkalmazás könnyebb, egyre nagyobb a jelentősége.)

Impulzus szélesség modulátor

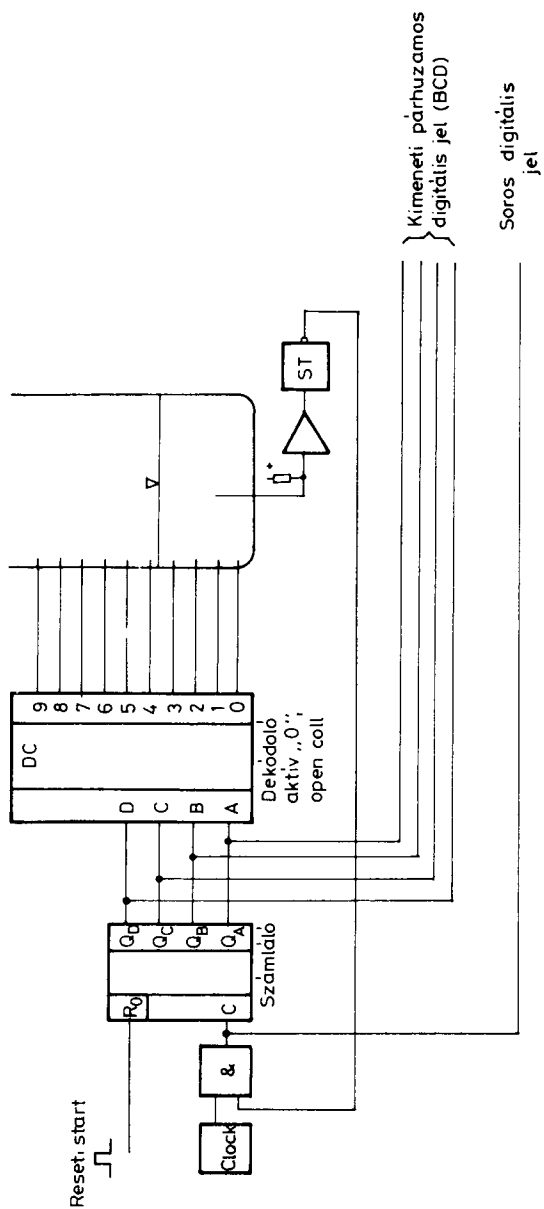
Feladat lehet egy impulzus sorozat kitöltési tényezőjének programozhatóan történő beállítása, szélességének modulációja akár számkapcsolóval, akár külső digitális jellel (maradjunk a 3 BCD digités, más szóval 10^0 -os lépésekben való beállításnál). Egy lehetséges megoldás vázlatát az 1.48. ábra mutatja. A CLOCK-jel a 3 dekádszámlálót folyamatosan számoltatja 0-tól 999-ig, majd 0 után ismét 999-ig és így tovább. A 3 db digitális komparátor folyamatosan "figyeli" a bemeneti, B jelet és a számlánc pillanatnyi tartalmát, A-t. Minden ciklusban mindaddig, amíg a számláló (amely 000-ról felfelé számol) tartalma kisebb, mint a beállított bemeneti B szám, a kaszkádba kötött komparátor-sor legutolsó $A < B$ kimenetén logikai 1 áll elő. Amikor a számláló tartalma eléri a beállított számot, a kimenet jele zérus lesz, és ez marad a ciklus végéig, mindaddig, amíg a számláló 999-ig el nem számol, és nem ugrik újból 000-ba. Ekkor - mivel ismét teljesül az $A < B$ feltétel - a kimenet ismét logikai 1 lesz, stb. Belátható, hogy egy-egy ciklus 1000 órajelig tart és ezen belül a kimenet jele annyi órajel időtartamra 1-es, ahányas számot a bemeneten beállítottunk, az 1000-es ciklus többi részében nulla. Így végülis a kimeneti jel pontosan annyi ezrelékes kitöltési tényezőjű lesz, amennyit beállítottunk (ha pl. 250 a beérkező bemeneti szám, akkor a kimenet 250 órajel időtartamig 1-es, 750 órajel időtartamig 0 - ilyen négyszögjel keletkezik). Ezt az áramkört közvetett digitál-analóg átalakításra is fel lehet használni (a kimeneti jel DC középfértéke arányos a beállított bemeneti jellel - lásd a digitál-analóg átalakítók fejezetét!).

Frekvencia- és időmérés

A periódikus jelek ismétlődési frekvenciáját digitális módszerrel általában a definíció alapján mérjük, azaz megszámoljuk, hogy 1 s alatt hány jelperiódus zajlott le. Ezért a mérendő jelet először "formáljuk", digitális jelszintűvé alakítjuk, majd így vezetjük a számlálóba. Az időalapot, amely 1 s, vagy 10 hatványaival szorozott 1 s, és amely meghatározza, hogy a számlálás meddig tartson, általában egy nagy pontosságu, nagyobb frekvenciás oszcillátor jelének frekvencia osztásával nyerjük. Mindkét feladathoz meglehetősen nagyszámu dekádszámláló szükséges. Kapcsolási rajzot ehelyütt nem adunk meg, erre eddigi ismereteink alapján feltehetően nincs szükség (a részletek tárgyalása más tárgyakban történik). Ugyanugy nem rajzolunk digitális óra kapcsolásokat sem. Mindkét említett funkcióra ma már igen széles LSI IC típusválaszték áll rendelkezésre, a legkülönbözőbb szolgáltatási és pontossági igények kielégítésére (National, Intersil, stb.), ritkán fordul elő, hogy alapelemekből kell áramkört összeállítani.

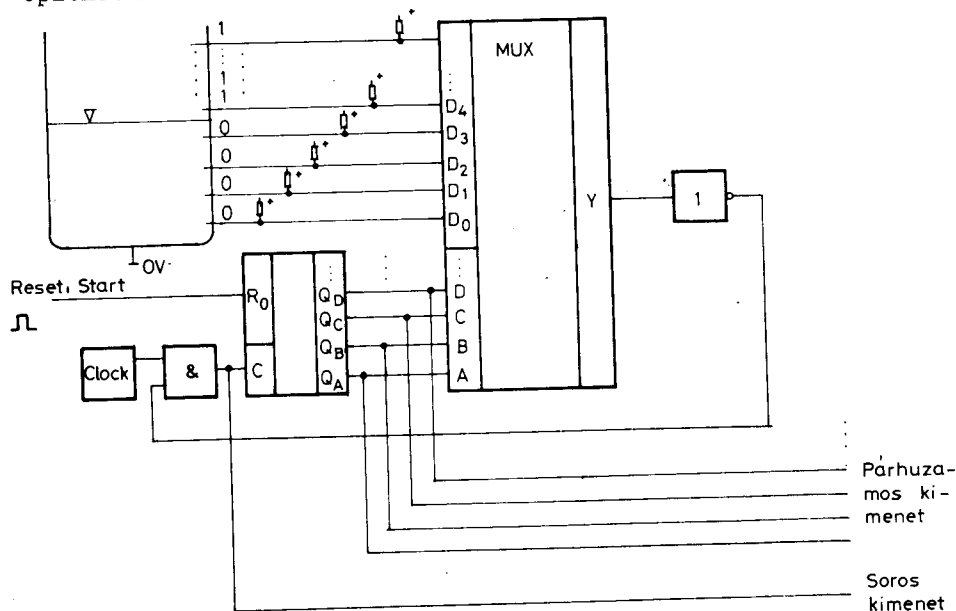
Digitális tartálysztint mérő

Azért, hogy érzékeljük, az áramkörök megvalósításának elvei a különböző témákban azonosak, vegyünk egy példát egy eddigiektől eltérő területről! Feladatunk, hogy egy tartályban lévő folyadék szintjét kell digitálisan kijelezhetővé, távadásra alkalmassá tenni. Ha a folyadék nagy ellenállással is, de vezet az áramot, akkor a szintérzékelést a tartályba benyúló, függőleges irányban egyenletesen elosztott elektródákkal, "tüskel" végezhetjük (a kivitelezés részleteiről más tárgyakban esik szó). Szükséges ezenkívül egy "központi" elektróda, amely a folyadékkal állandó villamos kapcsolatban van az 1.49. ábra vázlata szerint. Az áramkör rajzából követhető a működés: a RESET után a dekádszámláló felfelé számol a CLOCK hatására, ezért a dekódoló kimenetein sorra logikai 0-k jelennek meg, amelyet a "központi" elektróda is érzékel és (megfelelő erősítő és trigger közbeiktatásával) az ŰS-kapu bemenetére 1-et adva, engedélyezi a továbbszámlálást. Abban a pillanatban, amikor a dekódolt 0 jel egy olyan elektródához ér, amely már nem merül a folyadékba, a központi elektróda a felhúzó ellenál-



1.49. ábra.

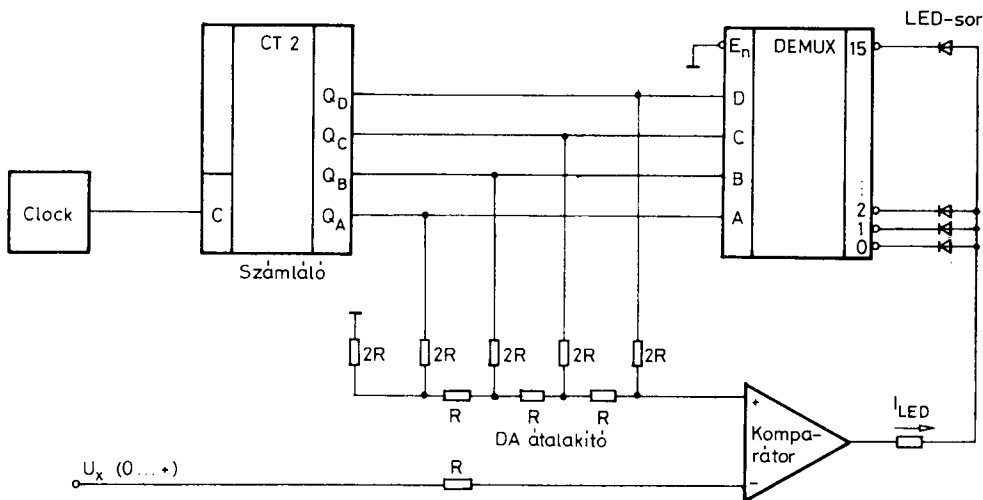
lás hatására pozitív szintre kerül, az ES-kapu tiltó jelet kap, a számlálás leáll. A számlálóban tárolódik az utolsó elektróda száma, amely még folyadékba merült. Ez lesz a kimenet jele. A rajzon 10 diszkrét szint érzékelésére alkalmas elrendezés van, természetesen további számlálókkal és teljes dekódolással a pontok száma tetszés szerint bővíthető. A feladat megoldható prioritás kódolóval (priority encoder-rel) is, számláló nélkül (az encoder bemenetei csatlakoznak a "tükre", a központi elektróda, vagy akár az egész tartály földpotenciálra van, így a legmagasabb, még folyadékban lévő elektróda számának bináris, ill. BCD kódját kapjuk meg az encoder kimenetén). A számlálóval kivitelezett megoldás előnye, hogy "soros", impulzus szám kimenete is van (egy-egy mérésakor annyi impulzus keletkezik, amennyi a szintmagasság mérők száma). Multiplexerrel és számlálóval is megoldható a feladat az 1.50. ábra szerint. Ennek előnyös tulajdonsága, hogy földelhető a tartály (az érzékelő tükre természetesen szigetelve). Ha a folyadék nem vezető, akkor legtöbbször hasonló diszkrét távolságra elhelyezett "uszókapcsolókat" alkalmazunk, ezekkel gyakorlatilag ugyanilyen elven építhetünk mérőáramkört.



1.50. ábra.

Feszültségsszint jelző LED-sorral

Főleg indikálási célokra, kisebb pontosság igény esetén használatosak ujabban a mutatóval ellátott műszerek helyett a "vonalkijelzők", amelyekben egy sorban több, esetleg több 10 LED van. A mérendő jel (feszültség) nagyságára a világító LED-sáv hossza jellemző. Erre alkalmas átalakító-meghajtó áramköröket készen kaphatunk (UAA 170, UAA 180, stb.), de lehetséges, hogy ilyen éppen nem áll rendelkezésre, vagy a szokásosnál hosszabb LED-vonalra van szükségünk. Egy ilyen, különálló elemekből felépített áramkör változatot mutat be példaként az 1.51. ábra. A 4 bites felfelé számláló egy R-2R hálózatot hajt meg (1. a digitál-analóg átalakítókról szóló fejezetet!). Zérus



1.51. ábra.

feszültségsszintként a számláló log 0 feszültsége, referencia-ként a nem túl pontos log 1 feszültség szolgál. Amikor a számláló a CLOCK hatására felfelé számol, az R-2R hálózat kimenetén lépcsőzetesen növekvő feszültség jelenik meg (4 bit esetén 16 lépcső). Amikor a lépcső feszültség eléri a (csak 0 V és log 1 feszültség tartományban megengedett) U_x mérendő feszültséget, a komparátor kimenete negatívba ugrik. Közben a számláló ugyancsak növekvő számokkal címezi a 16 kimenetű demultiplexert (pl. 74154). Mindaddig, amíg a lépcső feszültség kisebb a bemenetnél, a kimeneteken a LED-ek sorra, egymásután felvil-