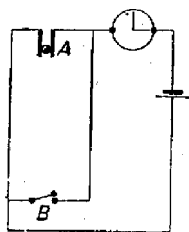


A rövid időközök mérésének technikája az elmúlt néhány évtizedben rendkívül kifinomult. Bizonyára tanulságos lesz áttekintenünk néhány ilyen érdekesebb mérési eljárást.

Ha karóránk másodpercmutatóját gondosabban megfigyeljük, azt tapasztaljuk, hogy másodpercenként 5-ször ugrik. Tehát ez a manapság már igazán közönségesnek mondható időmérő eszközünk is 0,2 mp-es pontossággal méri az időt. A kisebb sportversenyeken használatos ún. *mechanikus stopperórák* karóránkhoz teljesen hasonló szerkezettel működnek. A finomabbakkal elérhető pontosság 0,1 mp.



1. ábra

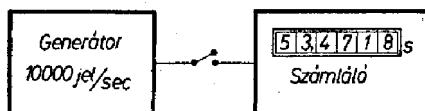
Ahol a 0,01 mp-ek mérésére is szükség van, ott inkább már az *elektromechanikus stoppereket* használják. Ezek leglényegesebb alkatrésze egy váltóárammal működtetett szinkron motor. Mivel a hálózati váltóáram frekvenciáját általában nagy pontossággal tartják, ezért ilyen pontossággal a váltóáramú szinkron motor forgása egyenletesnek vehető. Az időmérés kezdetekor nem magát a motort indítják, hanem a már egyenletes mozgásban levő motor tengelyéhez a nála sokkal kisebb tehetetlenséggel rendelkező mutatót szorítják csak hozzá egy elektromágnes segítségével. Az időmérés végén pedig egy másik elektromágnes rántja le a mutatót a továbbforgó motor tengelyéről. Így az indításból és megállításból származó hibák a minimumra csökkenthetők. Ha pl. a mutató egy mp alatt fut egyszer körül, és az óra számlapja elég nagy átmérőjű, akkor ezen az órán a század mp-ek jól leolvashatók, sőt még az ezred mp-ek is becsülhetők. Tehát a vele való időmérés 2–3 tizedesjegy pontosságú.

Természetesen itt már nincs értelme az óra kézzel való indításának és megállításának. Az ember ugyanis az elérhető pontosságnál sokkal nagyobb időközzel tévedhet. Legjobb relé, jelfogó útján magával a mérendő eseménnyel indíttatni és megállíttatni az órát. – Az 1. ábrán pl. egy golyó esési ideje mérésének vázlatát láthatjuk egy ilyen órával. Az *A*-nál meginduló fémgolyó nyit egy áramkört. Az óra megindul. A *B* pontba megérkező golyó újra zárja az áramkört. Az óra megáll. Az ilyen elektromechanikus stopperrel a szabadesés ideje 10–20 cm-es úton is már jól mérhető. Az adatokból pl. a *g* legendő pontossággal kiszámítható.

Az ezred mp-et, a millsec-ot, és az ennél kisebb időközöket már általában elektroncsöves berendezésekkel, *elektronikus stopperekkel* mérik. Ezek egyik csoportja a mechanikus órákkal mutat nagy rokonságot. A mechanikus órák (ingaórák, karóra) működésének lényege ugyanis az, hogy valamilyen állandó idejű periodikus jelenséget (pl. lengést) állítanak elő, és valamilyen módon megszámlálják a mérendő idő alatt lejátszódott jelenségek számát. A mérés természetesen annál pontosabb lesz, minél kisebb az alapul szolgáló periodikus jelenség időtartama a mérendő időtartamhoz képest. Az alapjelenség idejénél rövidebb időköz elvileg sem mérhető az illető időmérő eszközzel, és vele azonos nagyságrendű időköz is csak nagy relatív hibával.

Az elektronikus időmérők az említett szempontból óriási fölényben vannak az egyéb időmérőkkel szemben. Elektromos periodikus jelenségek (pl. váltóáram) elektronikus úton roppant kis ismétlődési idővel állíthatók elő. A kis időtartamú periodikus jel, a „ketyegés” tehát rendelkezésre áll. A nagyobb probléma az időmérés tartama alatt befutott jelek megszámlálása.

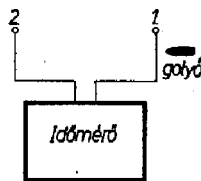
Az elektronikus szakemberek erre a célra is megalkották a megfelelő berendezést, az impulzus-osztóval kombinált elektroncsöves számlálók vagy szaknyelven scalerek formájában. Aki ezekkel az eszközökkel részleteikben is szeretne foglalkozni, annak igen ajánljuk pl. *Richter*: Gyakorlati elektronika c. könyvét, *Szmirnov*: Elektronikus digitális matematikai gépek c. könyvecskéjét vagy *Kovács*: Gyakorlati bevezetés a kibernetikába c. szakköri füzet megfelelő fejezeteit. Itt csak annyit jegyzünk meg róluk, hogy ilyen számláló berendezéseket ma ipari és laboratóriumi célokra már 10^7 sec^{-1} frekvenciákra is készíteneek.



2. ábra

Egy kisebb igényű, középiskolai mérési célokra is már évek óta ajánlott, jól bevált számlálós elektronikus tízezred mp-es stopper működési elvét a 2. ábrán levő vázlat mutatja. Az elektroncsöves „generátor” állítja elő a tízezred mp-es jeleket, és egy „scaler” számlálja meg, hogy a mérés időtartama alatt mennyi futott be belőlük. A mérés eredménye 10-es számrendszerben a mérés végén rögtön leolvasható. Laboratóriumi célokra, mint már említettem, hasonló elven működő eszközök 10^7 sec^{-1} frekvenciára, tehát 10^{-7} sec időtartamok mérésére is készülnek¹. Néhány nagyobb ipari üzem laboratóriumában nálunk is találhatók ilyenek.

¹ A rádióanal használatos rezgések periódusa pl., 10^{-6} – 10^{-7} sec nagyságrendű. A televízióanal használatos rezgéseké 10^{-8} sec. A radaroknál általánosan használt rezgések periódusa pedig 10^{-10} sec.

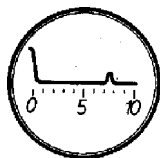


3. ábra

Az ilyen típusú időmérő eszközzel pl. a puskagolyó sebessége már néhány dm-es távolságon is igen nagy pontossággal mérhető. A mérési eljárás elvét a 3. ábra mutatja. A repülő golyó az 1. számú vezeték megszakítja. Ezzel megindítja az időmérőt is. A 2. sz. vezeték megszakításával pedig megállítja azt. Az utat a két vezeték egymástól való távolsága adja, a befutásához szükséges időt pedig az időmérő méri. 1 km/sec igen tekintélyes sebesség esetén is 1 dm befutásához 100 mikrosekundum kell. Ez alatt időmérőnk már 1000 jelet adott le. Ez igen nagy pontossággal mérhető.

Egy másik elektronikus időmérési mód a *katódsugár-oszcilloszkóppal való időmérés*. Az előző, számláló elektronikus időmérő a mechanikus stopperrel mutatott rokonságot, hiszen periodikus jeleket állított elő, és azokat számolta meg. A katódsugár-oszcilloszkóppal való időmérés az elektromechanikus stopperrel mutat rokonságot. Ezen stopper mutatója nem szaggatottan, hanem folyamatosan megy. Így a vele való mérés pontosságának csak a leolvasás pontossága szab határt, idejének „darabossága” nem. Ez azonban az elektromechanikus stoppernél csak elvileg van így. Nem forgathatjuk a mutatót tetszés szerinti sebességgel, és nem növelhetjük a számlap átmérőjét tetszés szerinti mértékben, mert amit nyernénk pontosságban a leolvasás terén, azt elveszítenénk az indítás és a megállítás pontatlanságának növekedésében a szerkezet tehetetlensége miatt, a szerkezet „mechanikus volta” miatt. Az oszcilloszkóp gyakorlatilag tehetetlenség nélküli katódsugara ezt a fogyatékhosszúságot küszöböli ki.

Mint ismeretes, az oszcilloszkóp ernyőjét tulajdonképpen egyetlen fénylő pont alakjában söpri végig a katódsugár. Csak akkor látjuk ezt a pontot vonalnak, ha a végigsöprés mp-enként 10-nél többször történik. A gyakorlatban legtöbbször ez fordul elő. A végigsöprések számát egy külön, a készülékbe beépített berendezés (kipp, sweep, fűrészfogalakú rezgékeltető, időeltérítő) szabja meg. Tegyük fel, hogy egy végigfutás ideje 10^{-6} sec. Ha az ernyő átmérője 10 cm, akkor ennek a századrésze, az 1 mm az ernyőről még leolvasható. Tehát 10^{-8} sec ezzel az oszcilloszkóppal még mérhető.



4. ábra

Maga az időmérés a katódsugár-oszcilloszkóppal a következőképpen történhet (4. ábra). A mérendő időtartam eleje egy elektromos impulzussal maga indítja a katódsugárcső bal oldaláról a katódsugarat. Az időtartam végét szintén egy rövid elektromos impulzus jelzi, és ez a katódsugarat függőleges irányban egy pillanatra kitéríti. Ha a sugár alatti skála pl. mikrosekundumokat jelez, akkor az esemény ideje rögtön leolvasható. Ha egyszer lejátszódó jelenség időtartamának méréséről van szó, akkor ún. „utánvilágító” ernyőt használnak, melyen a katódsugár nyoma a leolvasás tartamára, 2–3 mp-ig megmarad. Ha ismétlődő jelenségről van szó, akkor ez nem szükséges, mert a jelenség hosszabb ideig is megfigyelhető. Az első esetről van szó, ha pl. hangsebességet akarunk mérni az asztalon. Két mikrofont helyezünk el egymástól pl. 20 cm-re a hangforrástól egy irányban. Az első mikrofonba beérkező hang (pl. csattanás) erősítőn keresztül indítja a katódsugarat, a második mikrofonból beérkező hang pedig a második kidudorodást hozza létre az ernyőn. Az idő jól leolvasható. A falakról visszaverődő jelek már olyan kis energiájúak az eredeti jelekhez képest, hogy zavaró hatásuk az erősítőkkel kiszűrhető. A távolságmérő (tűzéségi) radaroknál, lokátoroknál a második esetről van szó. Az indító jel (a radar sugárzása, mely mindössze egy-két tized mikrosekundumig tart) és a második „kidudorodás” (az elektromos visszhang beérkezése) mp-enként ezerszer ismétlődik. Így az idő kényelmesen leolvasható. A leolvasás pontosságát a távolságmérő radaroknál még azáltal is növelik, hogy a katódsugarat nem a cső átmérője irányában mozgatják egyenes sebességgel, hanem a cső kerülete mentén. Így ugyanakkora csőátmérő esetén a leolvasás kb. háromszor pontosabb.

Látjuk tehát, hogy a különféle radarok, lokátorok tulajdonképpen nagy pontosságú időmérő oszcilloszkópok: Csak ott legtöbbször nem az eltelt időre kíváncsiak, hanem az idő és a fénysebesség szorzatára (illetve ennek felére!) vagyis a céltárgy távolságára. Tehát mindjárt erre skálázzák a képernyőt. Külön érdekesség még, hogy a skálát magát is katódsugárral iratják fel az ernyőre. Annál is inkább szükség van erre, mert a skála léptéke változtatható, a leolvasás pontossága fokozható. Szinte csodálatos, hogy pl. a 100 km távolságban levő tárgy távolsága néhány 10 m-es pontossággal mérhető ezen a módon. (A radarról részletesen olvashatunk Istvánffy Ervin: Radar c. szakköri füzetében.)

De vannak külön, kis időkre mérésre szolgáló oszcilloszkópok is. A magyar EMG gyár ilyen oszcilloszkópján pl. a legkisebb lefutási idő 10^{-6} sec. Ilyen oszcilloszkópokkal pl. a televíziónál, vagy az elektronikus számlálógépekben használatos elektromos impulzusoknak nemcsak az alakját lehet vizsgálni, hanem egyúttal az impulzus időtartamát is mérni lehet. Ugyanennél az oszcilloszkópnál 100 kHz-es frekvenciával a katódsugár fényerősségét is változtatni lehet. Ennek az a következménye, hogy a sugár 100 000-ed mp-nyi „távolságokban” megszakad. Tehát pl. az 5. ábrán nemcsak a vizsgált impulzus alakja látszik, hanem az is leolvasható, hogy az impulzus időtartama $4 \cdot 10^{-5}$ sec.



5. ábra

A tárgyalt időmérő eszközöket ma már iparilag, tehát nagy mennyiségben gyártják és használják. Egyes laboratóriumok különleges célokra egyedi példányokban ennél jóval nagyobb pontosságú időmérő eszközöket is készítenek. Az elektronikus eszközökkel mérhető legkisebb időköz ma 10^{-11} sec. Tehát a másodperc milliomod részének a százvezred része. Hogy ez milyen kis időköz, arra akkor döbbenünk rá, ha megfontoljuk, hogy ez annyszor kisebb a mp-nél, mint ahányszor a 3000 esztendő nagyobb annál. A fény pedig, mely 1 mp alatt nagyjából befutja a Föld–Hold közötti távolságot, ilyen kis idő alatt mindössze 3 mm-nyit jut előre.

Ennél is kisebb időközök mérésére újabban a molekulák ill. az atommagok minden külső körülménytől független óriási frekvenciájú sajátrezgései látszanak alkalmasnak. Ezekkel a „nukleáris órákkal” az időmérés pontosságát a jelenlegi 11 tizedesjegyről a közeljövőben a 14., 15. tizedesjegyig is ki tudjuk tolni. (L. Marx Gy.: Nukleáris órákkal az idő titkai nyomában. Népsz. Technika. 1960. aug.)

Kovács Mihály