

SCIENCA REVUO de Internacia Scienca Asocio Esperantista BEOGRAD, Jugoslavio	El Vol. 28 n-ro 3(125) 30.05.1977.
--	--

LA MEZURADO DE LA TEMPO

(J. MANCEAU, FONTCOUVERTE, FRANCIO)

LA PRAFAMILIO DE LA HORLOĜO

La prahorloĝo estas tute natura. Jam de tre longe la homo sentis la bezonon mezuri la tempon. La movado de nia hejmplanedo donis la unuajn alproksimigojn, tio estas la jaro kaj tago. La movado de la luno donis plie la monaton, kun la malebleco akordigi la revoluciojn de la luno kaj de la tero, ĉirkaŭ la suno, sed tio estas alia temo.

La divido de la tago mem ne plu estis senpera, krom tio intertago kaj nokto kiun la homoj rapide sentis malegala kaj malregula. La unua provo kaj ankaŭ la plej natura estis la observado de la ombro de bastono enmetita en teron, kio ne tiel simple ebligis la mezuron de la tempo, sed almenaŭ donis gvidsignojn pri la proksimuma samtempeco de unu tago al alia, ĝis Anaksimandro nomis la bastonon "gnomono", ĉar li estis greka, sed plie perfektigis ĝian uzadon, direktinte la bastonon laŭ la akso de la tero (VIa jarcento antaŭ Kristo).

La ideo pri la "fluo de la tempo", eble havis la originon en la XVIa jarcento antaŭ nia erao, far la egiptoj, de la eltrovo de la akvohorloĝo, aŭ klepsidro, el la greka lingvo, de "hidro"-akvo kaj "kleptein"-ŝteli, kie oni retrovas la komercan genion de la grekoj...

La klepsidro estis konusa rezervujo, laŭalte dividita per regule interdistaj strekoj, kiuj pretendis egale dividi la daŭron de la malpleniĝo tra fundotruo, kio estis iom erara, spite la konusecon de la akvujo.

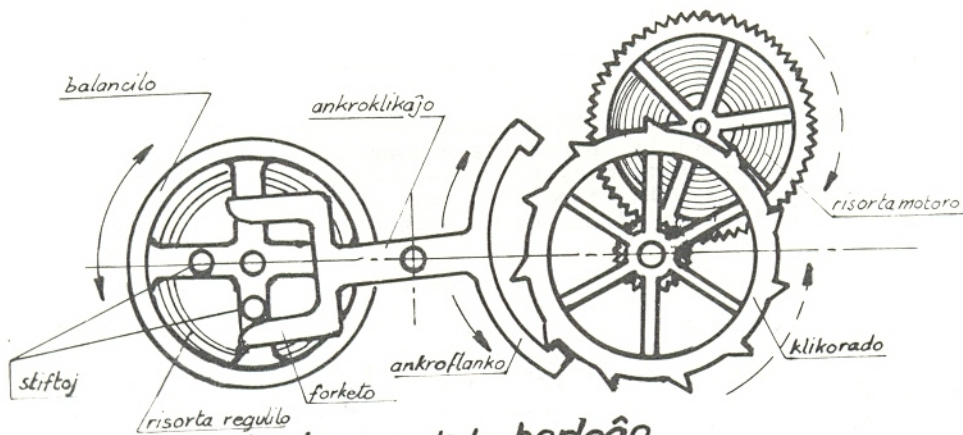
Nur poste venis la sablohorloĝo, kiu uziĝis kaj ankoraŭ uziĝas por mezuri mallongajn tempodaŭrojn; oni povas certi ke *Lukulo* jam uzis sablohorloĝon por kontroli la ĝustan kuiradon de siaj ovoj.

Ankoraŭ kelkfoje uzata dum aŭkciaj vendoj, estas la tempmezurado per bruldaŭro de kandelo, ĉu tute, ĉu eventuale inter du strekoj.

LA MEKANIĜO DE LA HORLOĜO

Meĥanika horloĝo konsistas el jenaj organoj. Motoro certigas daŭran movadon de la reguligilo. Tiu, per osciloj, sole en la horloĝo, mezuras la tempon. Klikado ebligas la transdonon de alternativa movo de la reguligilo al rotacia movado de la dentrada rapidecduktilo. Fine, tiu lasta trenas la montrilojn sur la ciferplato.

La unua motoro de la horloĝo estis la gravito: jam en la dekaj jarcento *Gerbert d'Aurillac* (Gerberto de Aŭriljako) uzis pend-pezaĵon por movi primitivan horloĝon; kaj ĉar eble la francoj, kiuj ne kapablis elparoli la literon "h" dissciigis ke li "or-loĝas", aŭ eble eĉ or-logas en tiu alkemia tempo, li estis elektita Papo sub la nomo *Silvestro la 2a*. Ekde la dekkvina jarcento oni uzas risorton kiel motoron, kio ebligas la horloĝon portebla.



La kerno de la horloĝo

La vera meĥanika horloĝo naskiĝis nur en la jaro 1641a. Ĝi estis konstruita de la filo de *Galileo*, laŭ la ideoj de la patro, kiu, en la 1583a estis malkovrinta la (preskaŭ) izokronecon (samdaŭron) de la malgrandaj osciloj de pendolo. Tio estis la unua serioza regulilo de horloĝo. Sed la vera reguligilo, kun veraj izokronaj osciloj estis inventita en la 1656a de *Huyghens*: lia vertikala cikloida pendolo bone adaptiĝis al la monumentaj horloĝoj. Finfine, en la 1675a, *Huyghens*, ankoraŭ li, inventas la oscilantan spiralan risorton, kiu ebligas la konstruon de poŝhorloĝo. La

risorto estas balastita per peza cirkla balancilo kiu igas la risorton enpreni kaj redoni la kinetikan energion dum ĉiu oscilo. Precizegaj pendolhorloĝoj en astronomiaj observatorioj en stabil-temperaturaj kameroj, kapablas precizecon de 3 sekundojn jare, kio estas 10^{-7} . La mehanika poŝhorloĝo ne pretendas tiun precizecon, desmalpli kiam la risortoj estis faritaj el hardita karbonŝtalo kies provarma dilativo grave influas al la osciltempo; variado de ekzemple 10°C rezultigas proksimuman malprecizecon de 10^{-4} (10 sekundoj tage). Sed en 1920a jaro, *Ch. Ed. Guillaume* (Karlo, Eduardo Gijom) eltrovis maldilatiĝemajn alojojn feronikelajn: *Invar* kaj *Elinvaro*, kies dilatigebleco estas $1/10$ de tiu de ŝtalo, kio, sen temperaturŝirmo, ebligas precizecon de 1 s/tage.

La klikaĵo estas la lasta specifeco de la meĥanika horloĝo; ĝi estis inventita jam en la 1641a de la filo de *Galileo*. Post la tre lerta ŝtiftoklikaĵo inventita en la 1740a de *Lepaute* (Lepot), la retrorada klikaĵo, kaj la kavcilindra klikaĵo, la lasta formo datumas de la jaro 1828a kaj estas la ankra klikaĵo, kies teorion disvolvis *R. J. Rudd*.

LA MALMEKANIKIĜO DE LA HORLOĜO

Depost la uzado de la alterna kurento por la elektrodistribuo, la plej simpla ideo estis uzadi la kurentalternojn mem por mezuri la tempon. Tio estas ebla per elektromagneto, kompreneble, nur por la domaj horloĝoj, kaj la precizo estis sufiĉa por la domaj bezonoj eĉ por tiuj loĝantaj apud elektrejoj, ĉiuvespere perturbataj de alternatora kuplado.

Alia solvo, kiu ebligas la kunporton, estas la pilo kiel elektrorozervujo. Tiam, la tempmezurilo estas la pure elektra oscilanta cirkvito. Bedaŭrinde, en ĝi, la rezistanco ne estas nula, kaj samkiel la kapacitanco, malrapide varias, tiel ke ŝajnis multe pli bone, kiam, ĉirkaŭ la 1950a anstataŭis ĝin per diapazono. Sed tiu lasta ankaŭ suferas metallaciĝon, kaj sekve ĝia kalibrado malrapide drivas.

En la jaro 1880a, la fratoj *Curie* (Kiri) malkovris ke premata kristalo de kvarco aperigas elektran ŝargon, kaj ke male, elektra ŝargo metata al kvarca kristalo kuntirigas ĝin (piezoelekto); per taŭgaj aranĝoj, daŭraj alternoj povas okazi je la propra vibrofrekvenco de la kristalo. Tion uzis *Cady* en la 1921a je 10^4 posekunda frekvenco por stabiligi alternajn kurentojn uzataj por radiofonio.

Fine, en la 1927a, *Harrison* konstruis la unuan horloĝon kun la kvarca regulilo, Montriĝis ke la atingebla precizeco estas 3s en dek jaroj t.e. 10^{-8} . Bedaŭrinde, montriĝis ankaŭ ke kun la tempo la periodeco de la kvarco malrapide ŝanĝiĝas.

Sed ne haltigebla estas la progreso, kaj en la 1948a, *Harold Lyons* (Harold Lajns) inventis horloĝon kun amoniaka regulado, kie oni uzas la naturan vibradon de unu atomo de hidrogeno en la amoniaka molekulo (NH_3), kiu estas $2,4 \times 10^{10}$ Hz (posekunda frekvenco). Tiu estis la unua el la familio de la Maserhorloĝoj, kiuj atingas fantastan precizecon de 10^{-11} (3 sekundoj post 100 jarcentoj!). *Masero* estas mallongigo por Mikroonda Amplifigado per Stimulata Emisio de Radiadoj.

Post uzado de pluraj gasoj, la Maseroj, ekde la 1956a utiligas solidajn kristalojn el paramagnetaj materialoj kiel duobla fluorsilikato de nikelo kaj zinko. (Paramagneta estas kvalita samreaga kiel fero fronte al magneto.) Tiaj horloĝoj estas kompreneble rezervitaj por laboratorioj, observatorioj kaj institucioj, kaj ne interesas rekte la publikon.

LA BRAKHORLOĜO DE LA PUBLIKO

La publiko, tamen profitas de la progreso; la kvarca horloĝo potence impetis, kun konkurencivaj prezoj sur la horloĝmerkato, tiel ke la kutimaj horloĝfabrikantoj, eĉ famaj, kiuj tion ne sufiĉe frue antaŭvidis bankrotas, despli ke ne temas nun pri simpla progreso, sed pri mutacio. La ĝisnuna horloĝfabriko kredis sin ŝirmata per sia specifeco de fajnmekaniko. La nova horloĝo, en sia ekstrema disvolviĝo ne entenas mekanikon plu; ĝi dependas de elementoj troveblaj en kalkulmaŝinoj, radioriceviloj, televidiloj, elektronikaj mezurinstrumentoj.

Nuntempe, la kvarca brakhorloĝa familio montriĝas triope.

La unua, deekstere ne malsimilas la ĝisnunajn: ĝi ankoraŭ havas montrilojn kaj ciferplaton. Tiam, la frekvenco de la kvarco estas reduktita ĉu pere de altfrekvenca motoro, ĉu pere de elektroteknika reduktilo. Tiam, la movado estas transdonata al posekunda mekanika movado.

La du aliaj ne plu entenas mekanikon, ĉar ĉio estas elektromekanika, de la vibradpreno, tra la malkoda cirkvito ĝis, inkludite, la hormontrado per kiu legiĝas rekte la ciferoj. La apero de la ciferoj estas realigita per du malsamaj rimedoj.

Per Lum Emisiaj Diodoj (L.E.D.), tiam la horloĝo estas blindata; kiam oni deziras scii la horon, oni devas per butonpremo aktivigi la diodojn, kio estas iel maloportune kiam oni kondukas aŭtomobilon aŭ portas pakaĵojn. Plie, la energikonsumado estas nemalgrava, tiel ke la pilo daŭras maksimume 6 monatojn.

Per likvaj kristaloj (Liquid Cristal Display: Likva kristalo dielektrika), la horo estas daŭre legebla, kaj la energibezono estas malgranda. Bedaŭrinde, la vivdaŭro de la kristaloj estas ankoraŭ malpli longa ol 5 jaroj, kio malebligas ties uzadon por tute plata televido.

+

+

Videbliĝas ke ĉiu rimedo havas sian malfortan flankon, kio klariĝas ties samtempan ekzistadon, kaj kial unu ne forpuŝis definitive la aliajn.

Entute, eble, la malplej revolucia, tiu kun montriloj kaj ciferplato, estas ankoraŭ momente la plej avantaĝa: daŭro de la pilo, kaj de la tuta mekanismo.

Krome, oni atentu ke riparado kaj alĝustigo de tiu materialo estas ankoraŭ ne ĉie tute certa. Tio estas nun la sola momenta rezervo, sed la evoluo rapidas.