

OBSERVATÓRIO ASTRONÓMICO DA UNIVERSIDADE DO PORTO
MONTE DA VIRGEM — VILA NOVA DE GAIA
PORTUGAL

CRONÓGRAFO MAGNETO-DIGITAL

POR

ROGÉRIO SILVA DE SOUSA NUNES
(Bolsheiro do I. A. C. no Centro de Estudos Matemáticos da F. C. P.)

PORTO
Imprensa Portuguesa
1959



B)
81.11(04)
JUN

CRONÓGRAFO MAGNETO-DIGITAL

OBSERVATÓRIO ASTRONÓMICO DA UNIVERSIDADE DO PORTO
MONTE DA VIRGEM — VILA NOVA DE GAIA
PORTUGAL

CRONÓGRAFO MAGNETO-DIGITAL

POR

ROGÉRIO SILVA DE SOUSA NUNES

(Bolsheiro do I. A. C. no Centro de Estudos Matemáticos da F. C. P.)



Barcelina Perry.

PORTO
Imprensa Portuguesa
1959

Extracto do vol. XLI
dos
«Anais da Faculdade de Ciências do Porto»

CRONÓGRAFO MAGNETO-DIGITAL

POR

ROGÉRIO SILVA DE SOUSA NUNES

(Bolsheiro do I. A. C. no Centro de Estudos Matemáticos da F. C. P.)

Abstract:

The use of a magnetic tape recorder as a chronograph is described. When a start pulse opens the gate a standard audio-frequency wave is recorded in the magnetic tape, till the stop pulse closes the gate (fig. 1).

The time interval, Δt , between start and stop pulses is known by counting, on an electronic pulse counter, the pulses of the standard frequency wave recorded (fig. 2 and 3).

Usually, the magnetic tape recorders have two or more tape speeds. For tape economy, the recording speed should be the lowest and, to minimize the time of reading, the play-back speed should be the highest.

In the table of pag. 11 are presented the results of some measurements with an old paper-tape pen-chronograph and with the magnetic digital chronograph, the standard frequency recorded being 5 kc/s.

In some astronomical measurements one needs to know, only, the $\sum_i \Delta t_i$. In such cases, besides the precision, the reading of the magnetic recording is faster and more comfortable than the reading of a paper-tape pen-recording.

Fig. 4, 5 and 6 are C. R. T. oscillograms showing some play-back aspects of the beginning top of magnetic recordings. One can see the general noise level (including «hum») and the low time-constants of the circuits involved.

Fig. 7 is a block diagram of a proposed set for high precision field determinations of longitude (geodetic Laplace stations). The clock (including cold-cathode decatrons) will act, later on, as the electronic counter of magnetic tape recordings. It is suggested the use of transistors in many circuits e. g. in the d. c. converter supplying both the high d. c. voltages and, from the converter transformer, the insulated a. c. voltage for C. R. T. heater.

Estando em construção um instrumento de passagens sem eixo ⁽¹⁾, provido de micrómetro impessoal movido por um motor síncrono, impôs-se o estudo de um cronógrafo que permitisse aproveitar a precisão prevista para aquele instrumento.

⁽¹⁾ «Small transit instrument without pivot errors» by MANUEL GONÇALVES PEREIRA DE BARROS, 1959.

Na impossibilidade de construção imediata de um cronógrafo impressor de parcelas e totais, com uma discriminação de 10^{-3} seg., já esboçado, fizeram-se os primeiros ensaios com um cronógrafo magneto-digital.

Embora menos cómodo do que o cronógrafo impressor, tem reais vantagens sobre o clássico cronógrafo de fita de papel, actualmente em uso no nosso Observatório: por um lado a precisão excede o milisegundo (nos ensaios a precisão foi de 0,2 milisegundo) e por outro, em certas condições, é mais rápido e cómodo.

Excepto um magnetofone — amavelmente cedido para ensaios pelo Laboratório de Física da F. C. P. — todo o material utilizado nos ensaios já existia no Observatório e encontra-se descrito em (1).

Princípio de funcionamento

Fundamentalmente o cronógrafo mede o intervalo de tempo Δt decorrido entre o «top» do observador — mais

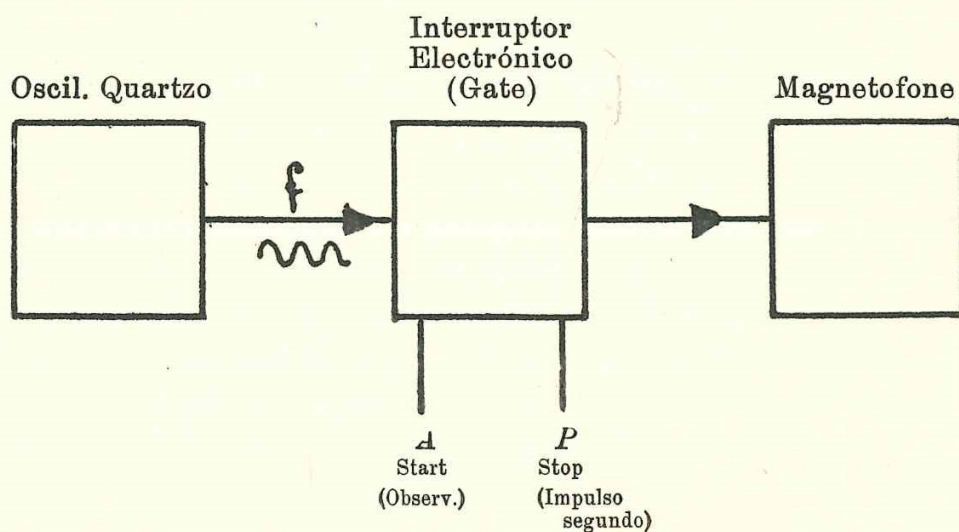


Fig. 1

precisamente, o impulso eléctrico de abertura do contacto do micrómetro impessoal — e o sinal de segundo da pêndula, consecutivo a aquele «top».

(1) «A conservação da Hora no Observatório Astronómico da F. C. P.».

A medição faz-se por contagem do número de impulsos, gerados num oscilador de frequência constante e conhecida e decorridos entre os dois instantes limites do intervalo.

Tal como acontece no cronógrafo de fita de papel, podemos considerar duas fases: o registo e a leitura.

O registo faz-se na fita de um magnetofone.

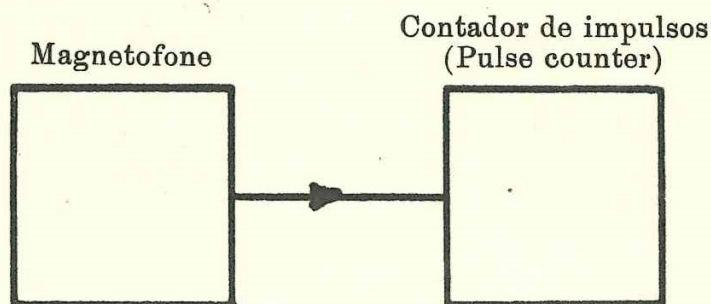


Fig. 2

Entre o gerador de impulsos (oscilador controlado por um cristal de quartzo) e o magnetofone está montado um interruptor electrónico. Aplicando ao terminal de arranque — *A* — o «top» do observador, o interruptor fecha,

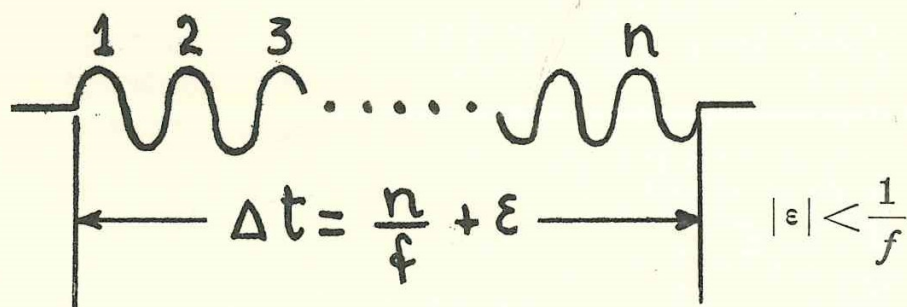


Fig. 3

permitindo a passagem dos impulsos do oscilador de quartzo, os quais são gravados na fita magnética; pela aplicação do impulso de segundo da pêndula ao terminal de paragem — *P* —, o interruptor abre, cessando a gravação.

A contagem do número de impulsos gravados na fita magnética faz-se colocando o magnetofone na posição de reprodução e ligando-o a um contador electrónico de impulsos.

Sendo n o número de impulsos contados e f a frequência em c/s do sinal gravado, o intervalo de tempo Δt expresso em segundos é

$$\Delta t = \frac{n}{f} + \varepsilon \quad \text{com} \quad |\varepsilon| < \frac{1}{f}.$$

Alguns resultados

Relatamos a seguir a sequência das operações realizadas e os valores obtidos num dos ensaios.

Depois de preparar a pontaria do Instrumento de Passagens (inclusive a posição inicial do fio móvel do micrómetro impessoal manual) e colocar o magnetofone na posição de registo, ligamos o movimento rápido ⁽¹⁾ e anunciamos junto ao microfone: «mira móvel do aparelho de equação pessoal; velocidade equatorial». Seguidamente, interrompeu-se o movimento da fita e desligou-se o microfone e, para localização do registo na fita, tomou-se nota da leitura do conta-voltas da bobina. Logo que a imagem da mira se aproximou do fio móvel, de novo se lançou a fita em movimento.

Para comparação de resultados, fez-se também, simultaneamente, o registo no cronógrafo da fita de papel.

Terminada a observação, levou-se o magnetofone para a sala da Hora onde se encontra o *Contador de décimos-milésimos de segundo e temporizador de impulsos* ⁽²⁾, agora contador dos impulsos gravados na fita magnética.

A frequência de gravação foi de 5 Kc/s e a velocidade da fita magnética, quer na gravação, quer na reprodução (contagem), foi de 9,5 cm/s.

Além da leitura de cada parcela isoladamente — detendo, com um pedal apropriado, o movimento da fita no fim da medição de cada intervalo, a fim de registar a leitura e levar o contador a zero — fizemos sete leituras de totais para confirmar resultados. Também fizemos três séries de leituras das parcelas as quais repetiram, a menos de $2 \cdot 10^{-4}$ seg., os valores apresentados no quadro junto.

(1) Os magnetofones correntes no mercado dispõem, em geral, de duas velocidades da fita quer na gravação quer na reprodução.

(2) Ver «A conservação da Hora...».

Nota: — A fim de garantir o significado das duas últimas casas decimais das leituras do cronógrafo magneto-digital, que este ensaio deixava incerto, fez-se, noutro ensaio, o registo de sucessivos intervalos de tempo conhecidos ($1^s,0000$). As leituras reproduziram aquele valor a menos de 2.10^{-4} seg.

Este ensaio permitiu ainda, pela primeira vez no nosso Observatório, verificar directamente a exactidão e real significado da correcção introduzida no tempo obtido a partir das observações astronómicas com o Instrumento de Passagens, para ser comparável com o tempo indicado pelas pêndulas.

Esclarecendo: as nossas pêndulas fornecem dois tipos de sinais de tempo;

- os de alta precisão, ou impulsos electrónicos, que definem o estado das pêndulas com erro da ordem do microsegundo e que são utilizados em circuitos «electrónicos» de resposta rápida ($\leq 1 \mu s$) tais como os da recepção de sinais horários, de comparação das pêndulas, etc.
- Os de precisão média, que são obtidos a partir de um relé (electro-mecânico) e que se destinam a accionar os mostradores, as penas dos cronógrafos de fita de papel, etc.

O atraso introduzido por aquele relé é de 17,8 ms. Assim, para se obter o estado da pêndula (electrónica) introduz-se a correcção — 18 ms ao estado obtido a partir das observa-

Leituras do	
Cronógrafo de Fita de papel	Cronógrafo Magneto-Digital
0 ^s .31	0 ^s .3066 ± 2
03	0260
29	2632
75	7294
29	2678
82	8046
20	1854
68	6494
37	3338
63	6104
11	0862
08	0492
58	5478
93	9076
93	9100
48	4440
32	2988
10	0856
73	7002
95	9284
28	2526
80	7686
47	4326
94	9336
24	2218
00	9856
42	4044
71	6784
$\Sigma = 14.00$	$\Sigma = 13.8120$
Totais	
13 ^s .8120	
118	
118	
118	
120	
120	
120	

ções astronómicas (nas quais se usava o cronógrafo de penas).

Os resultados agora obtidos confirmam, satisfatoriamente, a exactidão daquela correcção:

$$\frac{13,81 - 14,44}{28} = -0,023 \text{ seg.}$$

Na determinação da Hora com o instrumento de passagens colocado no meridiano, observando com inversão a meio e igual número de bissecções antes e depois da inversão, importa conhecer geralmente a soma dos Δt . Nestas condições, o cronógrafo magneto-digital, além da precisão, apresenta outras vantagens com respeito ao de fita de papel: rapidez e comodidade na leitura. Para tal, o registo deverá fazer-se na velocidade mais lenta da fita magnética e a leitura na mais rápida; automaticamente o contador electrónico faz a soma dos Δt , única leitura que o operador necessita fixar.

Alguns dados técnicos

O magnetofone usado foi o tipo *EL 3511* da Philips. A fita tem duas velocidades: 4,75 cm/s e 9,5 cm/s.

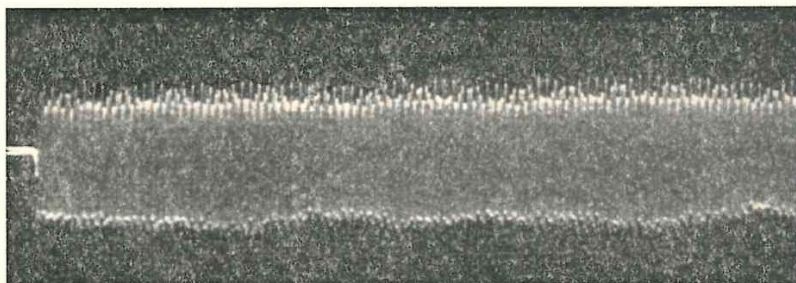


Fig. 4

Na velocidade lenta, uma bobina permite gravação contínua durante 2 ou 3 horas, conforme o tipo de fita.

Na fig. 4 apresenta-se um filme fixando parte de um sinal gravado na fita magnética e obtido à saída do amplificador do magnetofone, quando em reprodução. Escolheu-se a região do filme mais irregular no que respeita à ampli-

tude do sinal. Estas irregularidades são devidas quer ao «hum» quer a irregularidades de movimento e constituição da fita magnética; contudo, quando da contagem, é possível fixar um nível suficientemente baixo da amplitude do sinal, de modo àquelas irregularidades não causem qualquer perturbação.

Nas figs. 5 e 6 apresenta-se os oscilogramas da região inicial de dois sinais: um (fig. 5) obtido à saída do amplificador e o outro após «derivação». Antes deste ensaio punha-se em dúvida a constância da amplitude do sinal, admitindo-se o seu crescimento mais ou menos lento: estes

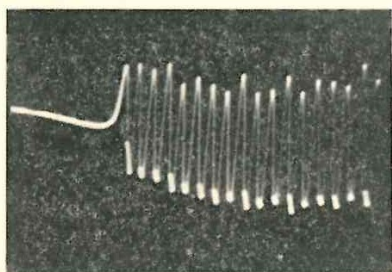


Fig. 5

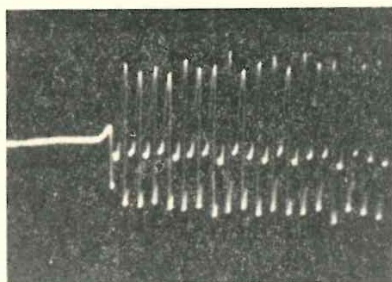


Fig. 6

dois oscilogramas põe em evidência o pequeno valor da constante de tempo dos circuitos de gravação e de reprodução.

Breve descrição de um conjunto de aparelhos permitindo a determinação rigorosa e cómoda da longitude no campo (estações de Laplace)

A existência no mercado quer de pequenos magnetofones ⁽¹⁾ alimentados a partir de uma bateria de automóvel quer de conversores de corrente contínua (baixa tensão → alta tensão) transistorizados, permite a realização de um conjunto de aparelhos cuja precisão, na determinação da longitude em campanha, excede, a nosso conhecimento, aquela até hoje obtida.

(1) O magnetofone Geloso, G. 255, pesa 3,5 Kg e a unidade vibradora 1,7 Kg; o seu consumo em repouso é 7 VA e em marcha é 30 VA. Na época actual de larga aplicação de transistores, possivelmente, outros haverá com melhores características.

Na fig. 7 apresentamos o diagrama-bloco dum conjunto fácil e economicamente realizável.

Cerca de $\frac{1}{2}$ hora antes de iniciar as observações astronómicas, ligar-se-á a alimentação do oscilador de quartzo e respectivo termostato. Esta ligação poderá efectuar-se mesmo durante o transporte.

No esquema, está indicado um cristal de 4 Kc/s, de corte NT , que se encontra no mercado e cuja caracterís-

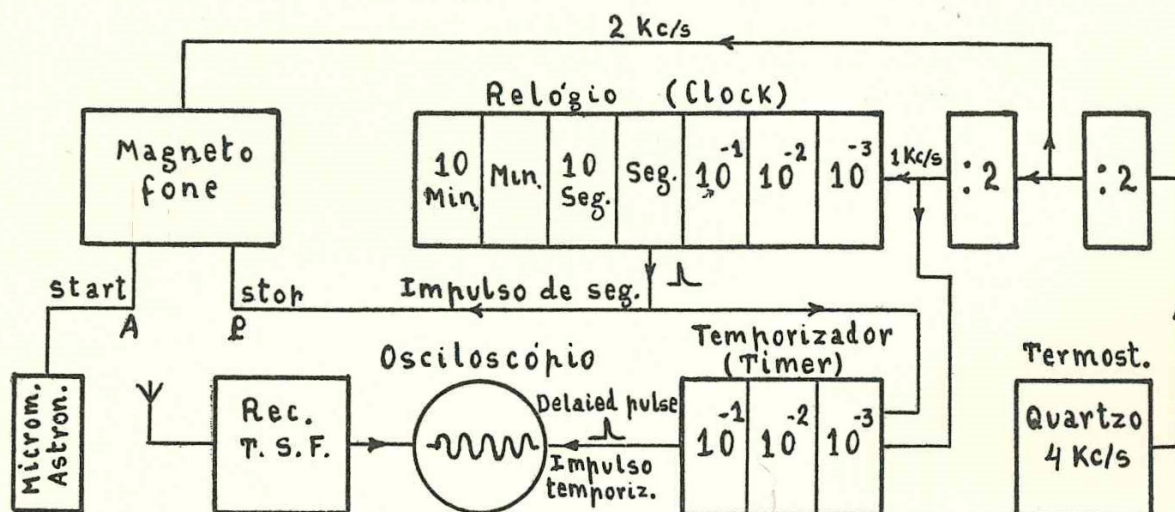


Fig. 7

tica térmica permite a precisão de 10^{-7} na frequência de oscilação.

O oscilador de quartzo servirá para alimentar o relógio (constituído por sete lâmpadas contadoras de décadas do tipo $ET1$ da Philips ou decatrons de cátodo frio), o temporizador (constituído por três lâmpadas $E1T$ e circuito associado) ⁽¹⁾ e o registo na fita do magnetofone.

Minutos antes de iniciar as observações astronómicas, deverá ligar-se toda a aparelhagem, excepto o magnetofone. Recebendo os sinais horários rádio-eléctricos (WWV , MSF , ou outros em emissão contínua) acertar-se-á o relógio a menos de 1 seg., por ouvido e vista. Seguidamente, por intermédio do temporizador e do osciloscópio — com o receptor de T. S. F. ligado — far-se-á a determinação do

(1) Ver «A conservação da Hora...».

estado do relógio, com respeito aos sinais horários, com erro inferior a 10^{-3} seg. (1).

Depois de desligar o temporizador, o osciloscópio e o receptor de T. S. F. e de ligar o magnetofone, iniciar-se-ão as observações astronómicas. Terminadas estas, de novo se receberão os sinais horários, determinando novo estado do relógio.

A leitura do registo magnético far-se-á no relógio depois de o desligar do oscilador de quartzo e ligar ao magnetofone.

O erro introduzido pelos aparelhos e técnicas referidos é inferior ao milisegundo. Deste modo, a precisão na determinação da longitude em campanha fica limitada, apenas, pela observação astronómica.

(1) Ver «A conservação da Hora...».

biblioteca
municipal
barcelos



16002

Cronôgrafo magneto-digital