



**PULSADOR ELETRÔNICO PARA DISPOSITIVOS  
ELETROMECAÑICOS**

por

*RUY BORGES DA SILVA*

**PUBLICAÇÃO I.E.A. N.º 104**

Agosto — 1965

**INSTITUTO DE ENERGIA ATÔMICA**  
Caixa Postal 11049 (Pinheiros)  
CIDADE UNIVERSITÁRIA "ARMANDO DE SALLES OLIVEIRA"  
SÃO PAULO — BRASIL

PULSADOR ELETRÔNICO PARA DISPOSITIVOS ELETROMECAÂNICOS

por

Ruy Borges da Silva

Serviço de Eletrônica, Instituto de Energia Atômica  
São Paulo, Brasil

Publicação IEA nº 104

Agosto - Brasil

Comissão Nacional de Energia Nuclear

Presidente: Prof. Luiz Cintra do Prado

Universidade de São Paulo

Reitor: Prof. Luiz Antonio da Gama e Silva

Instituto de Energia Atômica

Diretor: Prof. Rômulo Ribeiro Pieroni

Conselho Técnico-Científico do IEA

Prof. Hélio Lourenço de Oliveira	}	pela USP
Prof. Walter Borzani		
Prof. Rui Ribeiro Franco	}	pela CNEN
Prof. Theodoreto H.I. de Arruda Souto		

Divisões Didático-Científicas:

Div. de Física Nuclear: Prof. Marcello D.S. Santos

Div. de Engenharia de Reatores: Prof. Tharcísio D.S. Santos

Div. de Ensino e Formação: Prof. Luiz Cintra do Prado  
(licenciado)

Div. de Radioquímica: Prof. Fausto Walter de Lima

Div. de Radiobiologia: Prof. Rômulo Ribeiro Pieroni

Div. de Metalurgia Nuclear: Prof. Tharcísio D.S. Santos

Div. de Engenharia Química: Prof. Kazimierz J. Brill

PULSADOR ELETRÔNICO PARA DISPOSITIVOS ELEIROMECAÑICOS

por

Ruy Borges da Silva

2º Assistente de Pesquisas

Instituto de Energia Atômica, São Paulo - Brasil

SUMÁRIO

Foi desenvolvido um gerador eletrônico de pulsos lentos, destinado ao acionamento de dispositivos eletromecânicos, com precisão e estabilidade exigidas na maioria das aplicações científicas e industriais. A taxa de repetição e o atraso que determina a duração dos estados são ajustáveis.

O circuito é semi-transistorizado, simples e econômico, basicamente constituído de multivibrador monoestável, disparado por um gerador de pulsos composto de um circuito RC e uma válvula a gás de catodo frio.

ABSTRACT

An electronic low frequency pulse generator was developed for driving electromechanical units, with the precision and the stability necessary in most of scientific and industrial applications. The repetition rate and the delay that determine state duration are adjustable.

The circuit is semi-transistorized, simple and economic, basically constituted of a monostable multivibrator triggered by a pulse generator, formed by a RC circuit and a cold cathode gas tube.

## RÉSUMÉ

On a développé un générateur électronique d'impulsions lentes destiné à l'actionnement de dispositifs électromécaniques avec la précision et stabilité exigées dans la majorité des applications scientifiques et industrielles. Le taux de répétition et le retard qui déterminent la durée des états peuvent être ajustés.

Le circuit est semi-transistorisé, simple et économique, constitué d'un multivibrateur monostable déclenché par un générateur d'impulsions, composé d'un circuit RC et d'un tube à gaz à cathode froide.

## 1 - INTRODUÇÃO

Em algumas aplicações científicas e industriais é necessário o uso de unidades eletromecânicas operando em regime pulsado periódico. Além disso os dois estados, que se chamam aqui de ligado e desligado, podem estar sujeitos a durações diferentes. Tais problemas são normalmente resolvidos por meio de sistemas mecânicos bastante elaborados e, conseqüentemente pouco econômicos.

Nesse sentido foi projetado um sistema eletrônico semi-transistorizado capaz de acionar um relé ou, quando convenientemente modificado na saída de potência, qualquer outro dispositivo eletromecânico. Realizou-se o projeto tendo em vista as seguintes características fundamentais:

- 1) pulsação do relé ajustável em onze valores discretos na gama de 0,5 à 1,5 seg.
- 2) Duração dos estados continuamente ajustáveis desde 0,15 seg para qualquer pulsação fixada.

O projeto, extremamente simples e econômico em sua execução, é aplicável, ainda mais simplificado, em situações nas quais a pulsação e a duração dos estados são constantes.

## II - DIAGRAMA DE BLOCO

Consiste de um multivibrador monoestável disparado por pulsos provenientes de um gerador de pulsos constituídos de um circuito RC e uma válvula a gás de catodo frio. Os pulsos provenientes do multivibrador monoestável são amplificados por um amplificador de potência, cuja carga é o relé a ser acionado.

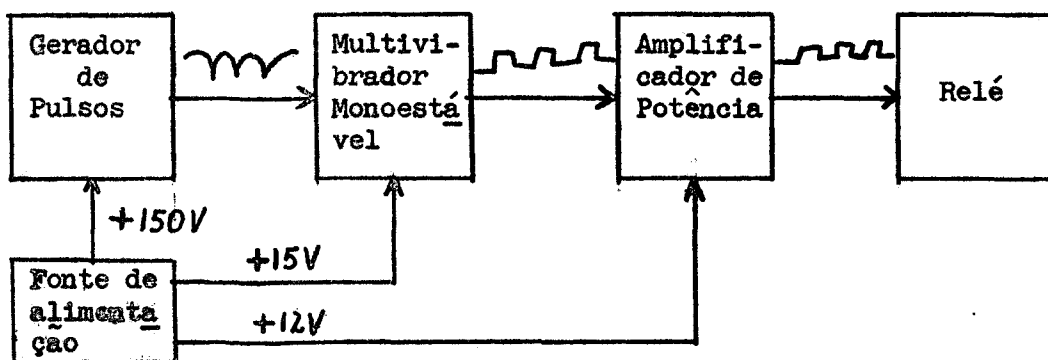


Fig. 1 - Diagrama de Bloco

Esta solução torna independentes os ajustes da pulsação e da duração dos estados. O ajuste da pulsação é feito no gerador de pulsos e o da duração dos estados no multivibrador monoestável.

## III - DESCRIÇÃO DO CIRCUITO

O diagrama completo do instrumento está na fig. 2 Segue-se a descrição dos circuitos que o constituem.

### III.1 - Gerador de Pulsos

É composto do resistor  $R_1$ , potenciômetros  $R_2$  e  $R_3$ , conjunto de resistores  $R_4$ , capacitores em paralelo  $C_1$  e  $C_2$  e da válvula à gás de catodo frio  $V_1$ .

Por meio da fonte de alimentação de + 150V, através dos re

sistores, os capacitores  $C_1$  e  $C_2$  são carregados até que haja o disparo da válvula  $V_1$ . A diferença de potencial entre os terminais dos capacitores cai até a tensão de trabalho de  $V_1$ , porém a corrente fornecida através dos resistores não é suficiente para manter a descarga no gás. Novamente os capacitores são carregados e repete-se o ciclo. Tendo em vista que o tempo de descarga é de alguns déci-mos de milisegundo devido a baixa resistência do circuito de des - carga, portanto desprezível em face do tempo de carga, obtem-se um trem de ondas em dente de serra cujo período é dado pela expressão:

$$T_p = T_1 \ln |(V_a - V_t) / (V_a - V_d)|$$

com constante de tempo de subida  $T_1 = RC$ , onde:

$R$  = resistência associada ao circuito de carga, composta da associação em série de  $R_1$ ,  $R_2$ ,  $R_3$  e  $R_4$ .

$C$  = capacitância de armazenamento, composta da associação em paralelo de  $C_1$  e  $C_2$ .

$V_a$  = tensão de alimentação do circuito RC, no caso + 150V.

$V_t$  = tensão de trabalho da válvula  $V_1$ .

$V_d$  = tensão de disparo da válvula  $V_1$ .

A válvula  $V_1$  utilizada é a tipo OB2 com  $V_t = 108V$  e  $V_d = 125V$ . Em série com a placa de  $V_1$  introduziu-se um resistor de 470 ohms destinado a limitar a corrente de descarga, consequentemente prote-gendo-a.

Para a obtenção de taxas de repetição estáveis, é necessá - rio estabilizar a fonte de alimentação de + 150V com uma cascata de válvulas reguladoras a gás de catodo frio,  $V_2$ ,  $V_3$  e  $V_4$  com  $V_2$  e  $V_3$  em série. Com a mesma finalidade os resistores  $R_1$ ,  $R_2$ ,  $R_3$  e  $R_4$

possuem uma dissipação nominal muito superior à necessária, e os capacitores  $C_1$  e  $C_2$  são de plástico e óleo.

A escolha das taxas de repetição dentro da gama estabelecida, 0,5 a 1,5 seg, é feita por meio de  $R_4$ , que é formado por 11 resistores de 47 Kohm dispostos em uma chave de onda de 1 polo por 11 posições. O ajuste da amplitude da gama obtém-se variando a capacitância do conjunto de capacitores que compõem  $C_1$ . Os períodos máximo e mínimo ajustam-se nos potenciômetros  $R_2$  e  $R_3$ , respectivamente ajuste fino e ajuste grosso; entretanto estes ajustes sofrem restrições devido a gama já estabelecida pelo ajuste anterior.

O capacitor de acoplamento  $C_3$  além de eliminar a componente contínua que acompanha o trem de pulsos gerados, atenua os lentamente variáveis com o tempo; conseqüentemente na base do transistor  $Q_1$  aparecem pulsos com picos fortemente negativos. O capacitor  $C_3$  e as resistências associadas perfazem um circuito diferenciador.

### III.2 - Multivibrador Monoestável

É constituído pelos transistores  $Q_1$  e  $Q_2$  com acoplamento coletor-base. Numa determinada taxa de pulsação o atraso introduzido por este circuito determina as durações dos estados do relé  $K_1$ . Considerando que as tensões de saturação de  $Q_1$  e  $Q_2$  são muito menores que a tensão de alimentação do multivibrador monoestável (+ 15V), pode-se mostrar que:

$$T_a = T_2 \ln 2$$

sendo:

$T_a$  = atraso introduzido pelo multivibrador monoestável

$T_2$  = constante de tempo dada pelo produto:  $(R_8 + R_6) C_4$

Para que a expressão acima seja válida, é necessário haver um intervalo de tempo mínimo, chamado tempo de recuperação, entre o fim do acionamento do multivibrador monoestável e o novo pulso de disparo. O que sucede é o seguinte: após o retorno deste circuito, o capacitor  $C_4$  descarrega-se através do resistor  $R_{10}$ , resistor este ligado ao coletor de  $Q_1$ , e o lado direito de  $C_4$  fica praticamente ao potencial do emissor  $Q_2$ . Esta descarga, para não afetar a duração do próximo pulso, deve ser efetuada durante o tempo de recuperação que é de quatro vezes o produto  $R_{10}C_4$ , em nosso caso aproximadamente 0,51 seg. Entretanto, esse tempo de 0,51 seg. não é integralmente respeitado em todas as situações. Por conseguinte, os atrasos são iguais ou menores que os calculados e para cada taxa de repetição de pulso, é necessária uma curva de calibração. Existem métodos para minimizar o tempo de recuperação, porém, de qualquer modo, sempre haverá um desvio de linearidade e, em vista disso não há vantagem na introdução de tal melhoramento.

Sendo  $R_6$  e  $C_4$  fixos, eles determinam o atraso mínimo. A possibilidade de atrasos menores é limitada pela velocidade de resposta do relé  $K_1$ . O potenciômetro helicoidal de dez voltas  $R_8$ , permite um ajuste fino na escolha das durações dos estados.

Para alimentar este circuito aproveita-se a tensão estabilizada de + 150V através de um divisor de tensão convenientemente filtrado. O potenciômetro  $R_9$  deste divisor possibilita o ajuste da tensão requerida de + 15V.

### III.3 - Amplificador de Potência e Relé

O amplificador de potência amplifica os sinais de saída do multivibrador monoestável. É de acoplamento direto devido a baixa frequência da harmônica fundamental associada aos pulsos. O transistor  $Q_3$ , elemento ativo deste amplificador, é selecionado de acordo com a potência consumida pela carga; por outro lado deve ter um ganho de corrente coletor-base, , tal que a

corrente de comando drenada do multivibrador monoestável não seja excessiva afim de não interferir em seu funcionamento.

A amplitude dos pulsos fornecidos pelo multivibrador monoestável, de 0,2 a 10V, obriga o transistor  $Q_3$  excursionar entre posições extremas da região de amplificação. Isto possibilita um funcionamento eficiente do relé  $K_1$  que se encontra ligado ao emisor de  $Q_3$  ou na montagem coletor comum.

Este circuito é alimentado por uma fonte de + 12V, não regulada, fornecendo quando o amplificador conduz, cerca de 45mA. Esta fonte de alimentação sendo independente apresenta a vantagem de isolar do circuito de comando, os transistórios gerados na circuito de potência; por outro lado ela não necessita de estabilização.

Ajustaram-se os potenciômetros  $R_2$  e  $R_3$  afim de se obter o período de 0.50 seg para o trem de pulsos. Este ajuste foi feito com a chave  $S_2$  na posição 1, chave em que estão montados os dez resistores que compõem  $R_4$ .

Posições de $S_2$	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Períodos (seg.)	0,50	0,59	0,69	0,78	0,87	0,96	1,04	1,12	1,22	1,30	1,40
taxas de repetição (p.p. min)	120	102	87	77	69	62,5	57,5	53,5	49	46	43

As medidas do período não seguem uma progressão aritmética rigorosa porque os resistores de  $R_4$  são de tolerância de  $\pm 20\%$  do valor nominal.

Na fig. 3 encontra-se a família de curvas de calibração dos estados dos relé  $K_1$ . O gráfico mostra para cada uma das taxas

de repetição a curva do potenciômetro helicoidal de dez voltas,  $R_8$ . Isto era de se esperar tendo em vista o discutido em III-2 a respeito do tempo de recuperação do multivibrador monoestável. Durações maiores para os estados ligados representados na fig. 3 acarretam um funcionamento bem menos linear do circuito. Isto foi previsto, e utilizou-se um relé  $K_1$  de duas posições para contornar esta dificuldade. Pode-se ligar um lado ou outro do relé, conforme as durações requeridas, mantendo-se os atrasos dentro das curvas de calibração.

A experiência mostrou que o pulsador entra em regime normal de funcionamento quinze minutos após sua ligação.

Observa-se que em qualquer taxa de repetição a dispersão dos valores é menor que 1% e a deriva inferior a 0,5% por semana. Os atrasos produzidos pelo multivibrador não apresentaram deriva apreciável durante uma semana de operação; a dispersão dos atrasos não é observável dentro de 0,1%.



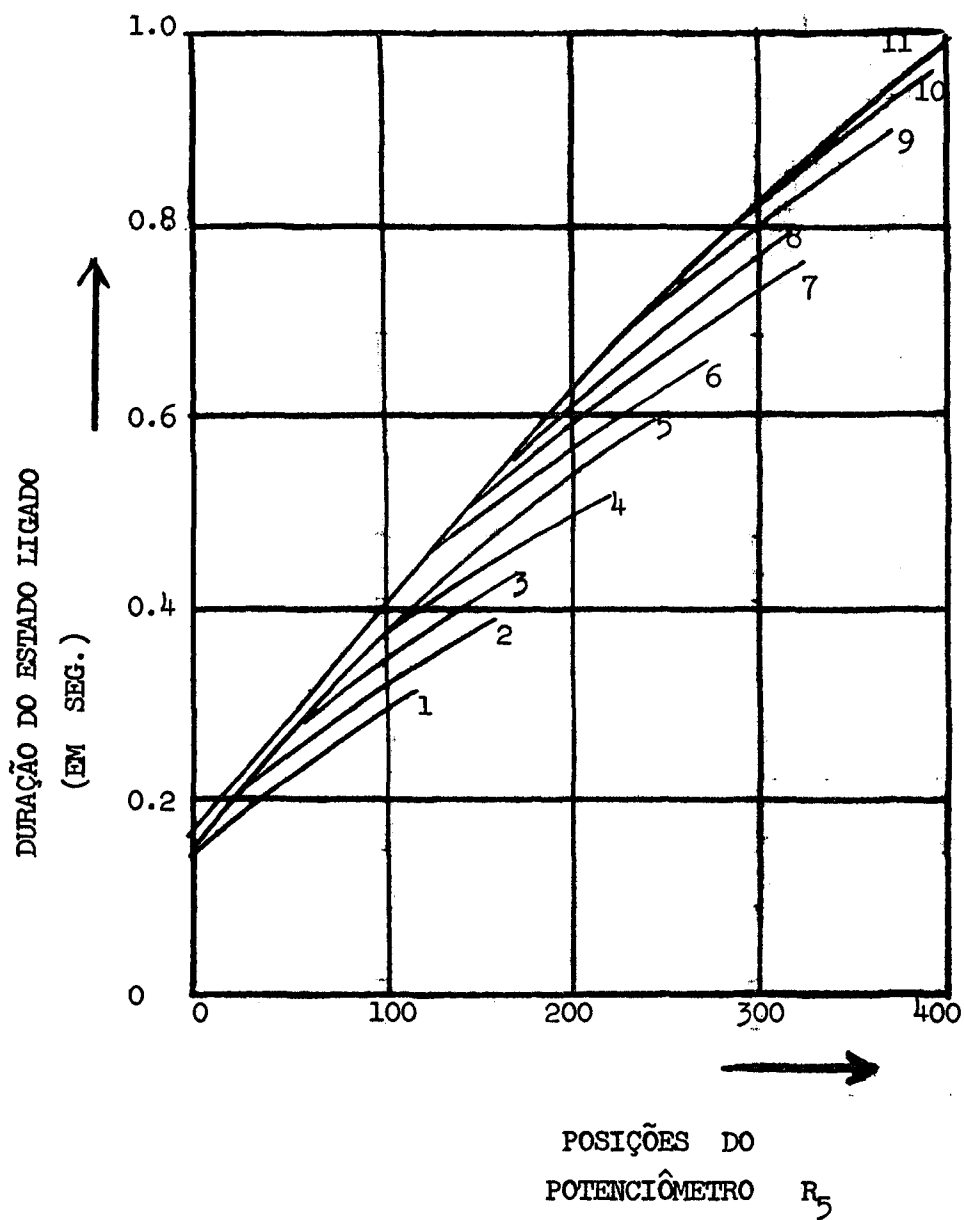


Fig. 3 - Curvas de calibração da duração dos estados do relé  $K_1$