DÉCIO MARTINS DE MEDEIROS
Turma de 1975

ESTUDO DE FONTES POR COMUTAÇÃO

TRABALHO DE GRADUAÇÃO

Orientação do Eng. Paulo Cesar Covett e do Prof. Keiti Fugita

DIVISÃO DE ELETRÔNICA
CENTRO TÉCNICO AEROESPACIAL
INSTITUTO TECNOLÓGICO DE AERONÁUTICA

1ª edição – São José dos Campos – 1975
2ª edição – São Paulo – 2021

Estudo de fontes por comutação

Copyright © 1975 Décio Martins de Medeiros

Todos os direitos reservados. Nenhuma parte desta obra pode ser reproduzida ou usada de qualquer forma ou por qualquer meio, eletrônico ou mecânico, inclusive fotocópias, gravações ou sistema de armazenamento em banco de dados, sem permissão por escrito, exceto nos casos de trechos curtos citados em resenhas críticas ou artigo de revistas.
O autor e a editora não se responsabilizam por eventuais mudanças ocorridas nos endereços convencionais ou eletrônicos citados neste livro.

Informações bibliográficas:
Autor: Décio Martins de Medeiros.
Título: Estudo de fontes por comutação.
Subtítulo: Trabalho de graduação.
Local, Ano: São José dos Campos,1975 (1ª edição). São Paulo, 2021 (2ª edição).
Páginas: 143 páginas tamanho A5.
Assuntos: 1.Fontes Chaveadas 2.Eletrônica
ISBN de ebook Bibliomundi.
Impressão sob demanda pelo Agbook.

Estudo de fontes por comutação

RESUMO

Este trabalho de graduação enfoca dois tipos de fontes por comutação: um tipo a transistor baseado no sistema por modulação em largura de pulsos, e outro tipo a S.C.R. baseado no sistema por controle do angulo de fase de disparo. É feito um estudo de ambos os tipos chegando-se a conclusão de que, para se atender aos requisitos de funcionamento como fonte de alimentação de um receptor de televisão, a fonte a S.C.R. é mais adequada, haja vista que fornece uma tensão de saída regulada, da ordem de 110V para 1A de carga, e para tensões de rede desde 90 Vrms até 240 Vrms, eliminando-se assim a necessidade do uso do transformador de força. É importante destacar que tal fonte é mais econômica que as fontes reguladas convencionalmente utilizadas nos receptores de televisão da época.

Conteúdo

Introdução 6
A–Estudo de fontes por comutação a transistor 8
1.Vantagens da fonte por comutação a transistor 8
2.Fonte básica 10
3.Teoria generalizada 12
4.Considerações sobre o filtro de saída 18
5.Considerações sobre os semicondutores 24
6.Circuitos práticos experimentais 27
Bibliografia referente a fontes por comutação a transistor 42
B–Estudo de fontes por comutação a tiristor 44
1.Vantagens da fonte por comutação a tiristor 44
2.Escolha do tipo de controle 45
3.Circuitos básicos de fontes por comutação a tiristor com circuito de controle por angulo de fase 47
4.Circuito de controle–requisitos básicos 52
5.Circuitos práticos experimentados ... 58
a)Fonte por comutação a SCR, em meia onda, com circuito de controle na configuração A 59

b)Fonte por comutação a 2 SCRs, em onda completa, com controle na configuração A 78
c)Fonte por comutação a 1 SCR, em onda completa, com controle na configuração A 81
d)Fonte por comutação a 1 SCR, em onda completa, com controle na configuração B 86
e)Fonte por comutação a 1 SCR, em onda completa, com circuito de controle na configuração C 94
f)Fonte por comutação a 1 SCR, em onda completa, com circuito de controle na configuração D 102
g)Fonte por comutação a 1 SCR, em onda completa, com circuito de controle na configuração E 105
6.Seleção da fonte básica..... 118
7.Condicionamento da fonte básica.... 119
8.Potência, fator de potência, eficiência 125
9.Coeficiente de Temperatura..... 130
10.Isolação e segurança..... 131
11.Conclusão: Fonte apresentada..... 132
Bibliografia referente a fontes por comutação a tiristor 140
Sobre o autor..... 142

Introdução

Este trabalho foi realizado em regime de estágio no Departamento de Engenharia Avançada da *PHILCO RÁDIO E TELEVISÃO LTDA*. e compreendeu o estudo de fontes de alimentação em modo comutado visando o desenvolvimento de um sistema que pudesse ser aplicado aos atuais televisores totalmente transistorizados, onde a tensão de alimentação +B principal é de 110v 1A (cinescópios de 90°).

A alimentação dos televisores tem sido obtida através de retificação em meia onda ou onda completa a partir do transformador de força.

A idéia é obter a tensão +B principal diretamente da linha e as tensões secundárias obtidas através de enrolamentos secundários adicionais ao transformador de saída horizontal.

Uma possível configuração de alimentação de um receptor de televisão a cores é apresentada no *Diagrama 1*.

Foi levada em consideração o fato de que no Brasil encontramos vários valores de tensão de rede de distribuição:

110v - 127v - 220v

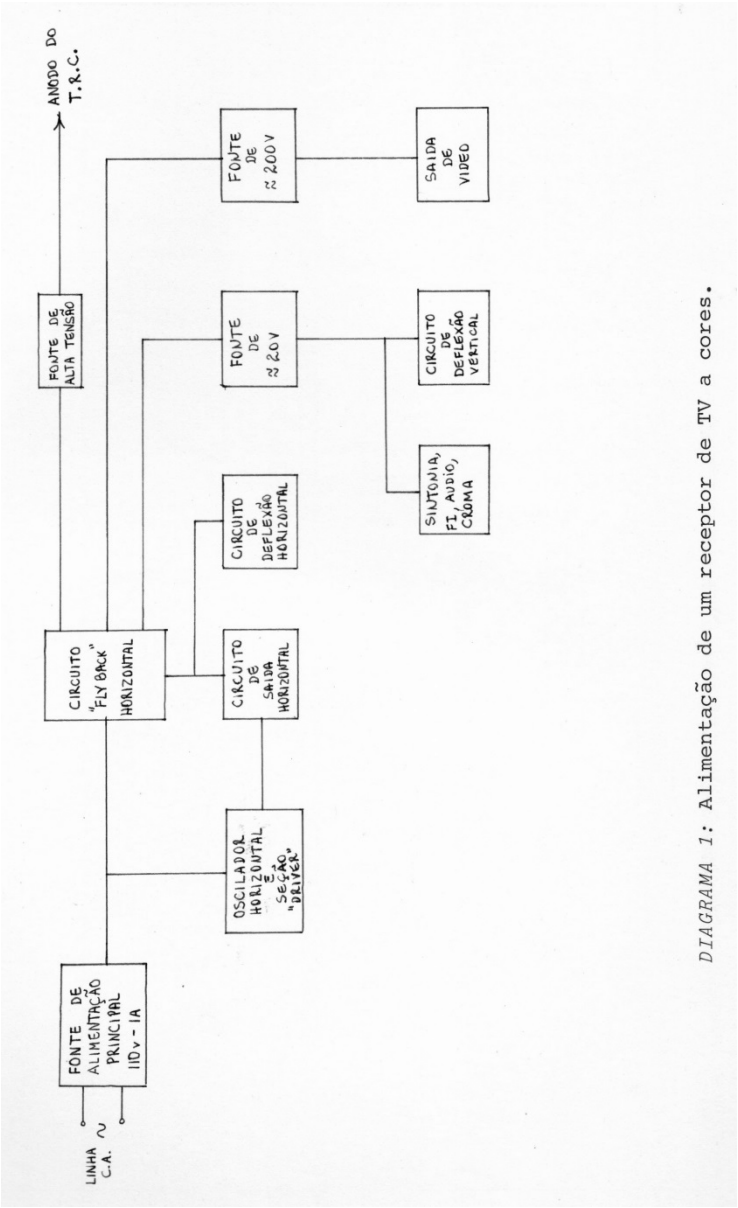


DIAGRAMA 1: Alimentação de um receptor de TV a cores.

A-Estudo de fontes por comutação a transistor

1.Vantagens da fonte por comutação a transistor

A realização de uma fonte de alimentação regulada pode ser feita convencionalmente por meio de um regulador linear série ou paralelo, o qual por sua natureza é pesado e ineficiente. A minimização de seu custo é determinada pelos materiais que compõem o transformador de força, os capacitores eletrolíticos e os dissipadores. Estes elementos compõem aproximadamente 80% do peso da unidade reguladora linear convencional.Visando a redução de peso, podemos realizar uma fonte regulada por comutação a qual sendo projetada para funcionar com rede de 220 Vrms e através de um circuito dobrador de tensão podendo funcionar também a 110 Vrms de rede, eliminamos o transformador.Trabalhando a uma freqüência de comutação elevada reduzimos os valores de capacitancia e indutancia de filtro.

Além disso , o sistema por comutação minimiza a dissipação e consequentemente o dissipador.

Estudo de fontes por comutação

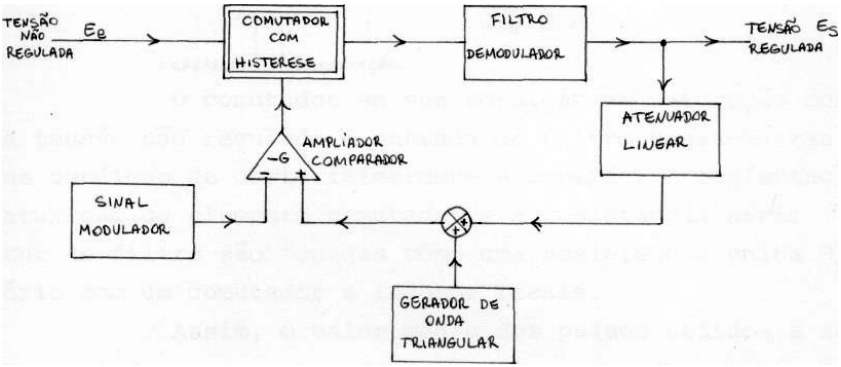
Um sistema por comutação pode ter como elemento comutador um tiristor ou um transistor, mas, o tiristor não é capaz de trabalhar a freqüência suficientemente alta, deste modo, estudaremos uma fonte por comutação a transistor.

O presente estudo baseia-se na técnica de modulação em largura de pulsos (ou *"Classe D"*).

2.Fonte básica

Baseado no estudo desenvolvido nas referencias TR3 e TR6 escolhemos o sistema de modulação em largura de pulsos auto-comutado, sincronizado ao sistema de deflexão horizon tal.

Diagrama



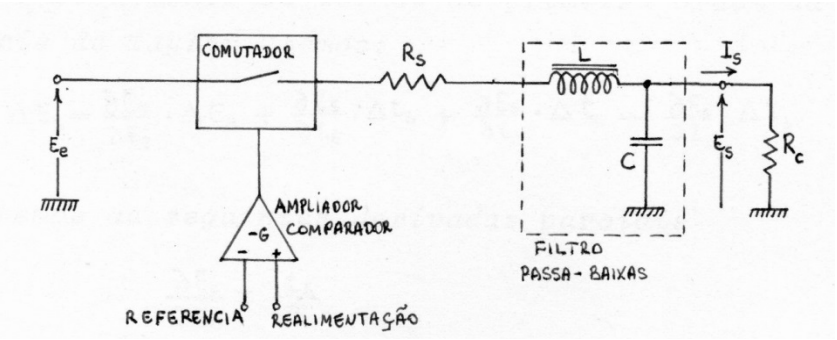
O gerador de onda triangular visa manter a frequência de comutação próxima a frequência de sincronismo horizontal do receptor de televisão; com isso minimizamos os efeitos de interferência na imagem.

O filtro demodulador é de 1ª ordem, de modo a se atingir a maior linearidade possível.

A tensão E_e é obtida à saída de um retificador da tensão da rede. O comutador fornece ao filtro demodulador a tensão E_e durante uma fração do periodo de comutação. Essa fração é determinada pela diferença da amostra da tensão de saída e o sinal modulador de referencia. Na saída do comutador, temos então, pulsos de amplitude determinada pelo retificador da tensão de rede, de período determinado pelo gerador de onda triangular e, de largura modulada pelo sinal de erro na saída do comparador. Estes pulsos passam pelo filtro demodulador (*um filtro passa-baixas)* o qual elimina a componente alternada e o valor médio dos pulsos é obtido como a tensão D.C. de saída.

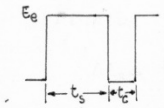
3.Teoria generalizada

O Diagrama de blocos simplificado para a análise é apresentado abaixo:



O comutador em sua condição de saturação conecta a tensão não regulada à entrada do filtro passa-baixas e, em sua condição de corte interrompe a conexão. A resistência de saturação do elemento comutador e a resistência série do indutor de filtro são tomadas como uma resistência única R_s em série com um comutador e indutor ideais.

Assim, o valor médio dos pulsos obtidos à saída do comutador,



será: $\frac{E_e \cdot t_s}{t_s + t_c}$

com $t_s + t_c = \frac{1}{f_c} = T$ e $\frac{t_s}{T} = F$

onde: E_e = tensão de entrada

t_s = tempo de condução (condição de saturação do comutador).

t_c = tempo de não condução (condição de corte do comutador)

f_c = frequencia de comutação

T = periodo de comutação

F = fator de trabalho

A corrente média I_s na carga será:

$$I_s = \frac{E_e \cdot t_s}{(t_s + t_c)} \cdot \frac{1}{(R_s + R_c)}$$

A tensão constante E_s na carga será

$$E_s = \frac{E_e \cdot t_s}{(t_s + t_c)} - R_s \cdot I_s$$

tomando-se somente os termos de primeira ordem da expansão em série de Taylor, temos:

$$\Delta E_s = \frac{\partial E_s}{\partial E_e} \cdot \Delta E_e + \frac{\partial E_s}{\partial t_s} \cdot \Delta t_s + \frac{\partial E_s}{\partial t_c} \cdot \Delta t_c + \frac{\partial E_s}{\partial I_s} \cdot \Delta I_s$$

Ora, temos as seguintes derivadas parciais

$$\frac{\partial E_s}{\partial E_e} = \frac{t_s}{T}$$

$$\frac{\partial E_s}{\partial t_s} = \frac{E_e \cdot t_c}{T^2}$$

$$\frac{\partial E_s}{\partial t_c} = -\frac{E_e \cdot t_s}{T^2}$$

$$\frac{\partial E_s}{\partial I_s} = -R_s$$

Portanto:

$$\Delta E_s = \frac{t_s}{T} \cdot \Delta E_e + \frac{E_e \cdot t_c}{T^2} \cdot \Delta t_s - \frac{E_e \cdot t_s}{T^2} \cdot \Delta t_c - R_s \cdot \Delta I_s$$

Como a realimentação da tensão de saída varia tanto o tempo de saturação como o tempo de corte do comutador, de modo a manter a frequencia de comutação constante, temos:

$\Delta t_s = -\Delta t_c$ já que $t_s + t_c = T = \text{CONSTANTE}$

portanto:

$$\Delta E_s = \frac{t_s}{T} \cdot \Delta E_e + \frac{E_e \cdot t_c}{T^2} \cdot \Delta t_s + \frac{E_e \cdot t_s}{T^2} \cdot \Delta t_s - R_s \cdot \Delta I_s$$

$$\Delta E_s = \frac{t_s}{T} \cdot \Delta E_e + \frac{E_e}{T} \cdot \Delta t_s - R_s \cdot \Delta I_s$$

$$\Delta E_s = F \cdot \Delta E_e + \frac{E_e}{T} \cdot \Delta t_s - R_s \cdot \Delta I_s$$