

1. Amplificador Magnético — Controle de Potência por Saturação Título



Descrição

Neste tutorial, o Professor Bairros explica o funcionamento do **amplificador magnético** (*magnetic amplifier*), um dispositivo genial que regula potência **usando saturação de núcleo** — sem transistores, apenas magnetismo e física pura.

Você vai entender como ele funciona dentro de uma **fonte chaveada tipo forward**, agindo como um **PWM magnético**, controlando o ciclo ativo através da **corrente de reset**, e como o **UC1838** fecha o laço de regulação para estabilizar a tensão de saída.

Um mergulho profundo em uma tecnologia clássica que moldou a eletrônica de potência moderna.

www.bairrospd.com

VISITE O SITE DO PROFESSOR BAIRROS LÁ EM O PDF E
MUITO MAIS.

PARA AULAS ONLINE CONTATE VIA SITE.

www.bairrospd.com

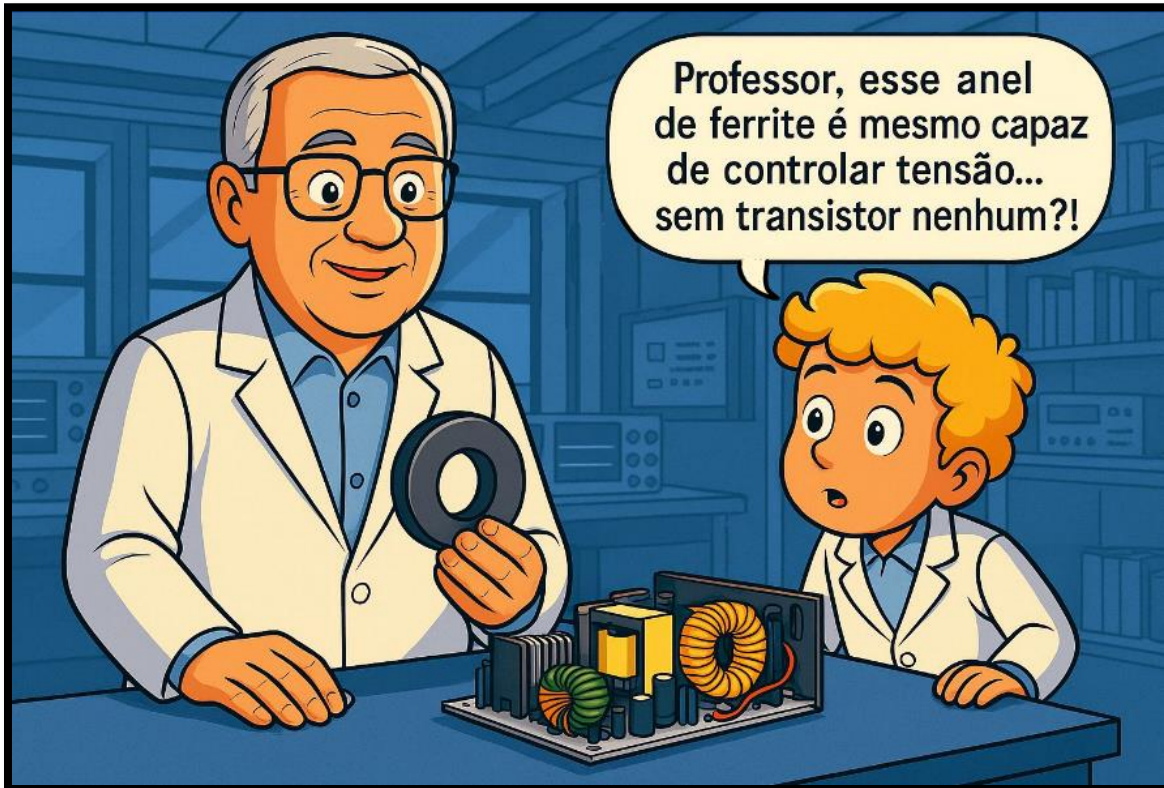
<https://www.youtube.com/@professorbairros>



Sumário

1.	Amplificador Magnético — Controle de Potência por Saturação Título.....	1
1.1.	Introdução.....	3
1.2.	Princípio de funcionamento	4
1.3.	O gráfico B–H e o campo magnetizante.....	5
1.4.	O mag amp na fonte chaveada	6
1.5.	O PWM magnético	7
1.6.	O controle pelo CI UC1838.....	8
1.7.	Equações fundamentais	9
1.8.	Aplicações práticas e legado.....	10
1.9.	Conclusão.....	11
1.1.	Referências	12

1.1. Introdução

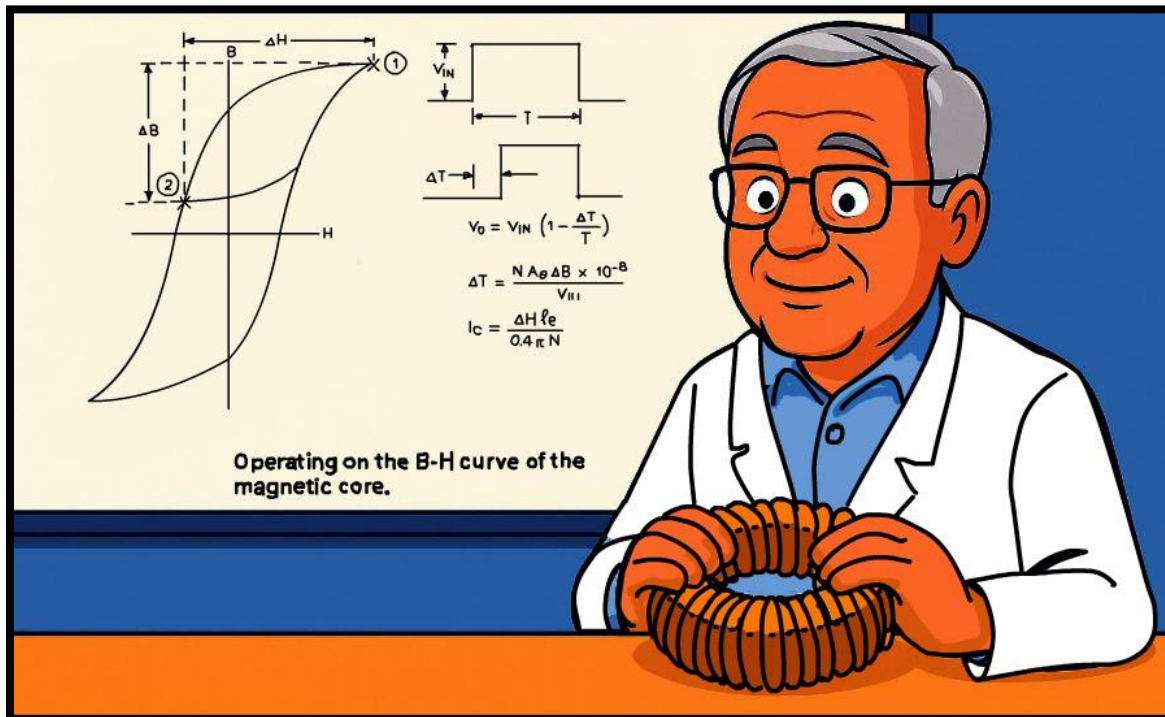


Professor Bairros:

“Sim, Arthurzinho! Antes dos MOSFETs e dos controladores digitais, engenheiros já dominavam a arte de controlar energia **com pura física** — o amplificador magnético. Chamado de *mag amp*, ele é capaz de **regular potência** apenas variando o **fluxo magnético** de um núcleo.

E o mais incrível: em muitas fontes chaveadas, ele atuava como a chave de um verdadeiro **PWM analógico**

1.2. Princípio de funcionamento



“O amplificador magnético é um **reator saturável**. Ele tem um núcleo com uma ou mais bobinas, e a sua indutância muda conforme o material entra ou sai da **saturação magnética**.

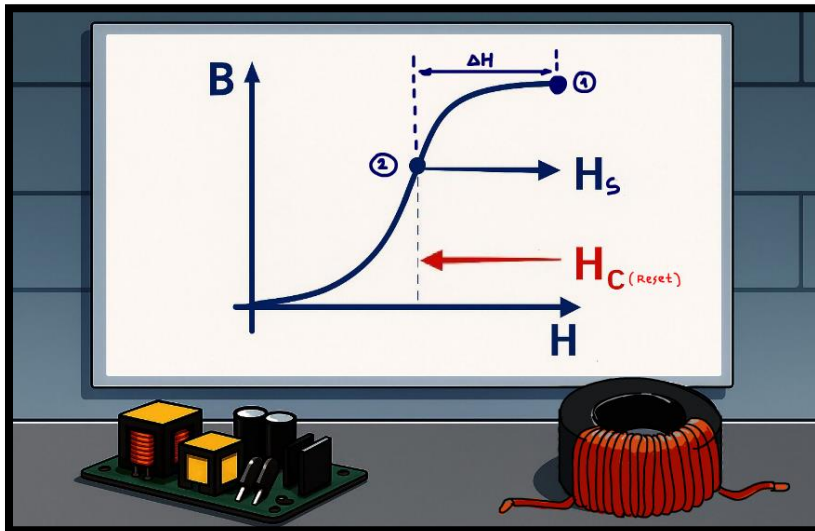
Quando o núcleo **não está saturado**, a indutância é alta e a corrente é pequena.

Quando ele **satura**, a indutância despenca e o enrolamento conduz corrente livremente.

Assim, controlando **quanto tempo leva para saturar**, controlamos **por quanto tempo a corrente flui** — e isso é equivalente a **controlar o duty cycle de um PWM**.

Quando o núcleo não está saturado ele funciona como uma chave aberta, com o núcleo saturado ele funciona como uma chave fechada!”

1.3. O gráfico B-H e o campo magnetizante



“No gráfico B-H a figura, o eixo H representa o campo magnetizante, proporcional à corrente na bobina. No amplificador magnético, o campo total é a soma dos campos gerados por duas correntes: a corrente direta que vem normalmente do secundário de um

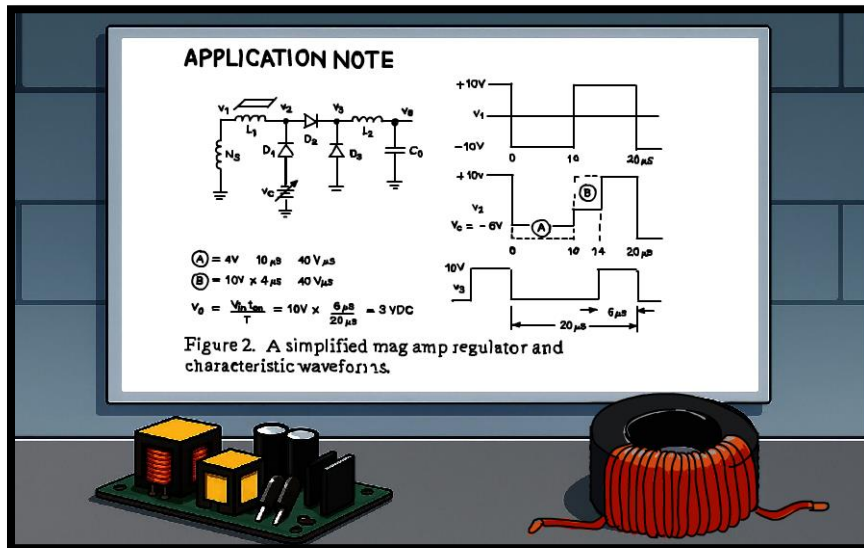
transformador e a corrente de controle, o chamado **reset**.

Quando a corrente de reset circula no sentido oposto, a corrente de RESET é uma corrente contínua, ela ‘desmagnetiza’ parcialmente o núcleo, adiando o momento em que o núcleo entra em saturação, primeiro a corrente direta tem que gerar um campo para compensar o campo inverso criado pela corrente de RESET, isso atrasa o tempo do reator entrar na saturação, atrasa o tempo da chave fechar, a corrente de RESET está marcada no ponto 2 na figura, o ponto 1 indica a saturação.

O tempo entre o ponto 2 e o ponto 1 é indicado pela variação do campo magnético H, é essa variação que é controlada pela amplitude da corrente de RESET.

Esse atraso é justamente o que controla o **tempo de condução** e, portanto, a **tensão média de saída**, e isso depende da intensidade da corrente de RESET, viu tudo fica sob controle.”

1.4. O mag amp na fonte chaveada



“Em uma fonte *forward* de múltiplas saídas, o amplificador magnético é usado para regular as tensões secundárias. No circuito da figura tirado do documento SLUP129 da Unitrode, o indutor L_1 é o reator

saturável em série com o diodo D_2 e a carga.

O enrolamento N_s é o enrolamento do transformador principal que fornece o pulso para o retificador, e o indutor L_1 , o indutor saturável decide **quando** esse pulso vai passar, funciona com uma chave cujo tempo de fechamento é controlado pela corrente de RESET.

A intensidade da corrente de RESET depende da tensão da fonte de controle VC, a corrente de RESET passa via diodo D1 para a bobina L1 durante o semiciclo negativo da onda criando um campo magnético de controle no núcleo.

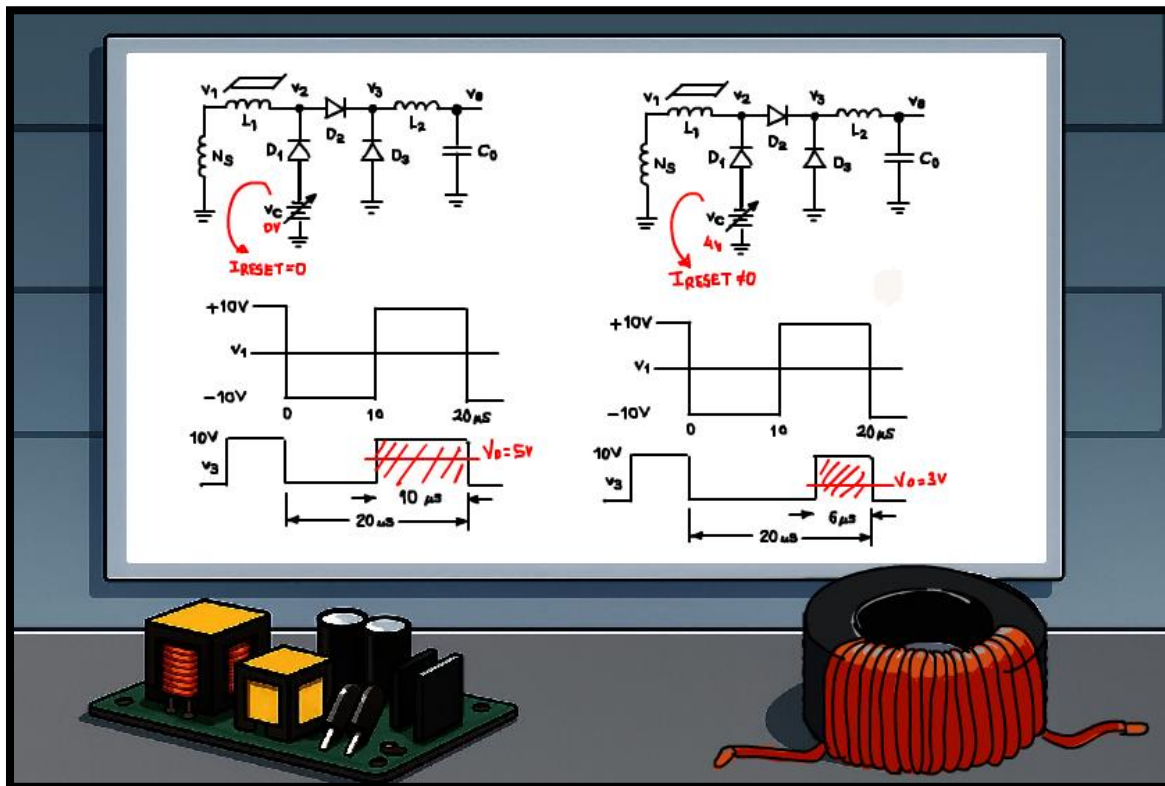
No semiciclo positivo, o campo magnético inverte, mas tem que primeiro vencer o campo magnético criado antes pela corrente de controle na indutância L1, durante esse tempo o núcleo não satura e o indutor L1 se comporta como uma chave aberta, alta impedância, depois de um tempo o núcleo de L1 satura e esse indutor passa a se comportar como uma chave fechada.

Enquanto o núcleo de L_1 não satura, D_2 permanece bloqueado, não aparece tensão na saída.

Quando o núcleo de L1 satura, D_2 conduz e a energia flui para a carga.

A corrente de reset, aplicada durante o semiciclo oposto via D_1 , empurra o núcleo de volta na curva B-H, **definindo o atraso do próximo pulso.**”

1.5. O PWM magnético



“Veja o que acontece:

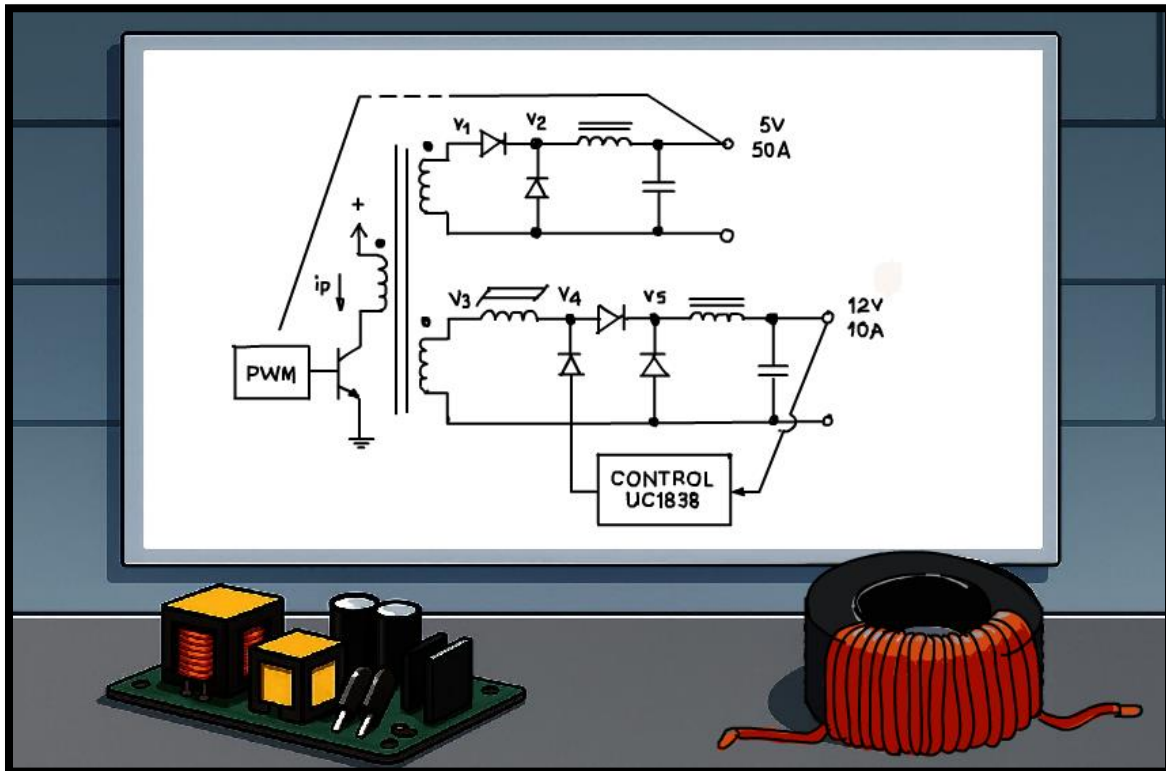
sem corrente de reset, o núcleo satura rapidamente e o pulso de saída é longo — a tensão média aumenta.

Com mais corrente de reset, o núcleo demora mais a saturar — o pulso encurta e a tensão média cai.

Na prática, isso equivale a **modular o duty cycle**.

É por isso que o amplificador magnético é muitas vezes chamado de **PWM magnético**, pois controla a energia transmitida em cada ciclo.”

1.6. O controle pelo CI UC1838



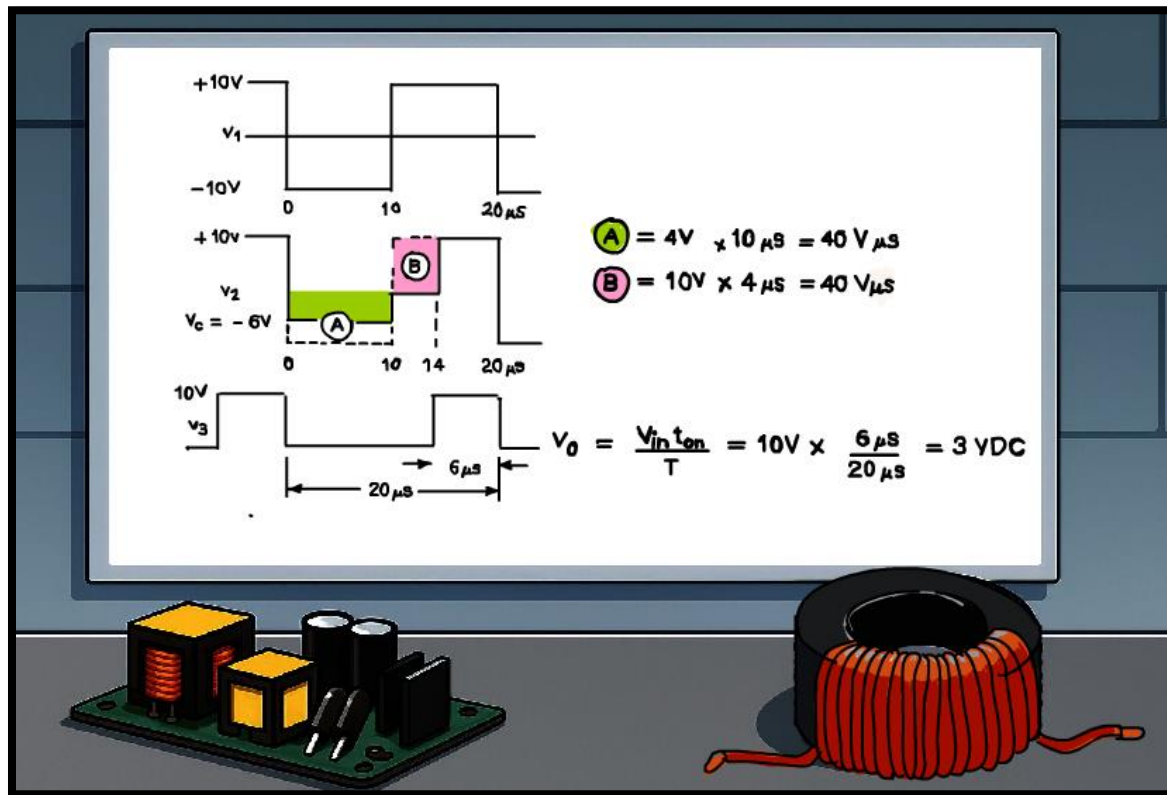
“Durante décadas, o mag amp foi onipresente em fontes chaveadas — em computadores, telecomunicações e equipamentos industriais.

Hoje ele quase desapareceu das fontes comerciais, substituído por controladores PWM digitais e MOSFETs síncronos.

Mas ainda é encontrado onde **confiabilidade e imunidade à radiação** são essenciais — em **equipamentos aeroespaciais, militares e sistemas industriais robustos**.

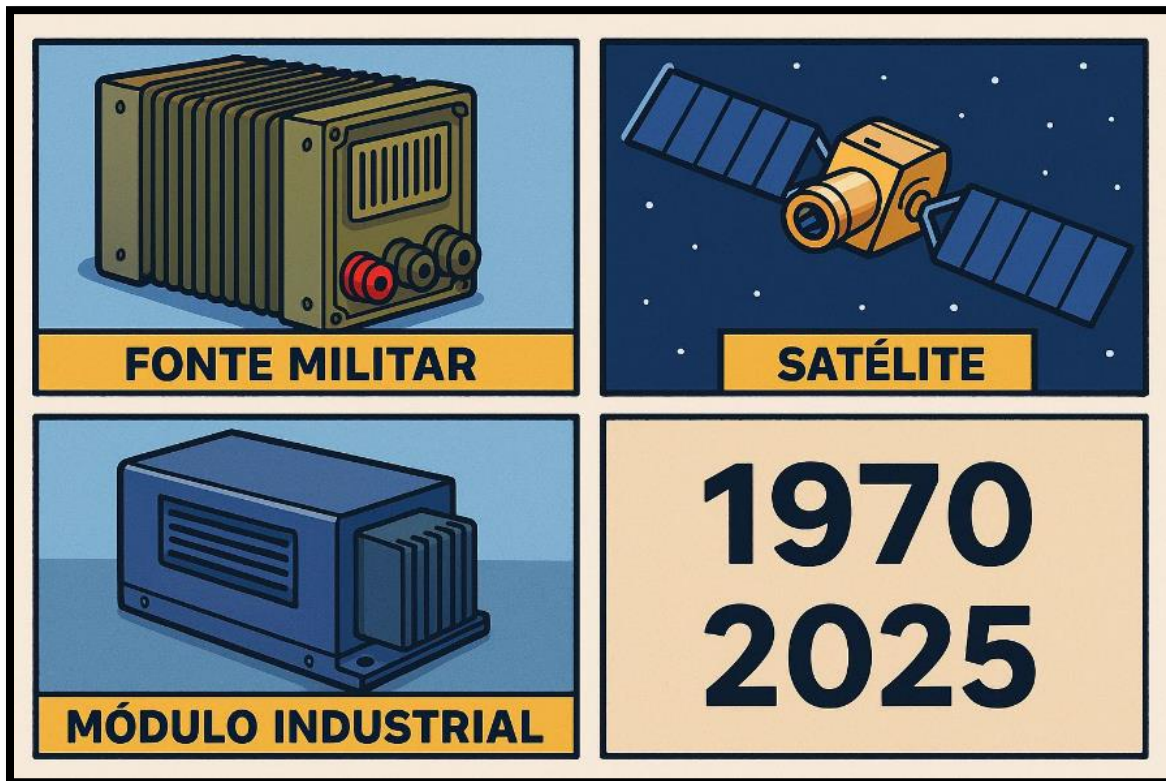
Além disso, continua sendo uma excelente ferramenta de ensino sobre saturação, fluxo magnético e controle de potência.”

1.7. Equações fundamentais



A equação básica diz que a tensão de saída é função do tempo que a bobina fica saturada, já o tempo que a bobina não fica saturada, o tempo de atraso B na figura, é função da tensão de controle, quanto maior a tensão de controle mais energia magnética é armazenada no núcleo, isso acontece na fase A da onda, a área da curva na fase A é igual a tensão de controle multiplicado pelo tempo da fase A. Quando a tensão de entrada V_1 inverte, essa energia aparece na área B da curva, essa área deverá ser a mesma da fase A, e essa área representa a fase da onda que não está saturada, a bobina tem uma alta impedância e a tensão na saída é zero. Quanto mais energia é armazenada na fase A, maior a fase B, maior o atraso, menor tensão na saída.

1.8. Aplicações práticas e legado



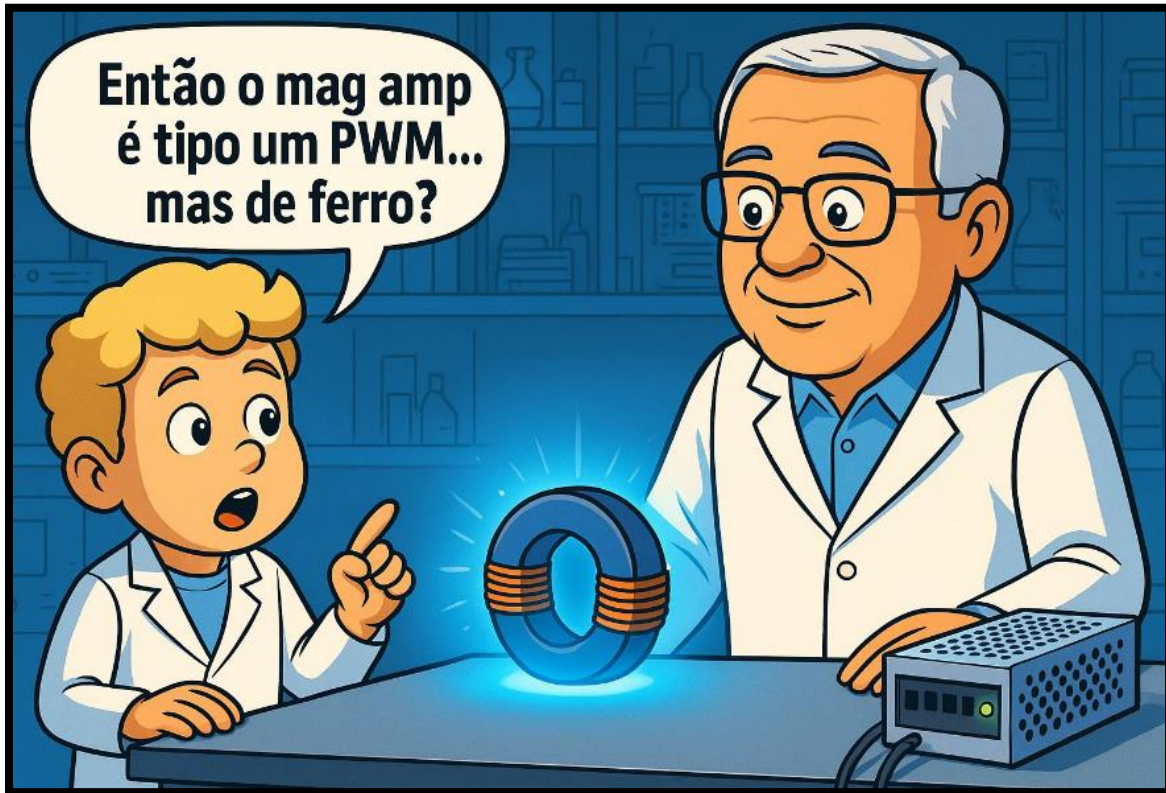
“Durante décadas, o mag amp foi onipresente em fontes chaveadas — em computadores, telecomunicações e equipamentos industriais.

Hoje ele quase desapareceu das fontes comerciais, substituído por controladores PWM digitais e MOSFETs síncronos.

Mas ainda é encontrado onde **confiabilidade e imunidade à radiação** são essenciais — em **equipamentos aeroespaciais, militares e sistemas industriais robustos**.

Além disso, continua sendo uma excelente ferramenta de ensino sobre saturação, fluxo magnético e controle de potência.”

1.9. Conclusão.



“Exatamente! Ele controla energia sem semicondutores, apenas explorando a física da saturação magnética.

O amplificador magnético foi o elo entre os antigos reguladores lineares e os modernos conversores digitais — uma aula de criatividade da engenharia eletrônica.”

1.1. Referências

YOUTUBE: <https://youtu.be/KlmEhnZr3eY>

Publicação: