

PEA2502 LABORATÓRIO DE ELETRÔNICA DE POTÊNCIA

RETIFICADOR MONOFÁSICO EM PONTE CONTROLADO

W. KAISER 03/2009

1. OBJETIVOS

Estudo do funcionamento de uma ponte monofásica controlada utilizando um circuito integrado monolítico para controle do ângulo de disparo dos tiristores.

2. DESCRIÇÃO DO CIRCUITO DE ACIONAMENTO E CONTROLE

O retificador a ser analisado nesta experiência utiliza o circuito integrado TCA 785 para realizar as funções de controle e disparo dos tiristores cujo, diagrama de blocos com as funções essenciais é mostrado na fig. 1 e as formas de onda típicas encontram-se na fig. 2.

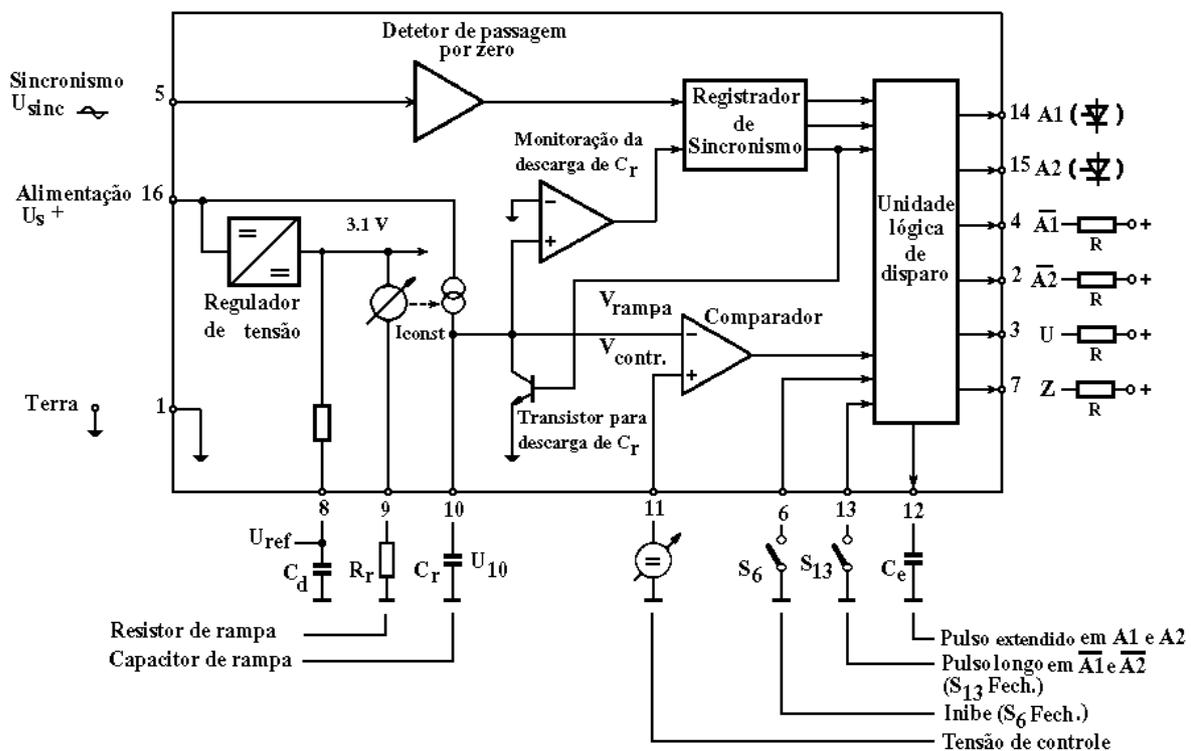


Fig 1 - Diagrama de blocos do circuito integrado TCA 785

A partir da seleção externa do ponto de chaveamento, a estrutura do integrado oferece diversas opções de funcionamento (acionamento para controlador CA, para retificadores controlados e semi-controlados) com um número reduzido de componentes externos.

O integrado possui um regulador de tensão interno de 3.1 V, que torna a sua operação independente da tensão de alimentação dentro de uma faixa de 8 a 18 VCC. A tensão positiva deve ser aplicada ao pino 16 e o pino 1 deve estar ligado ao potencial de referência ou terra. A tensão regulada é levada ao pino 8 através de uma resistência de desacoplamento interna. Em

circuitos retificadores, onde são usados mais de um CI do tipo TCA 785 (retificadores trifásicos), estes pontos devem ser interligados de forma a se obter ângulos de disparo iguais em todas as fases. Para supressão de sinais espúrios, é conveniente a inserção de um capacitor entre o pino 8 e terra.

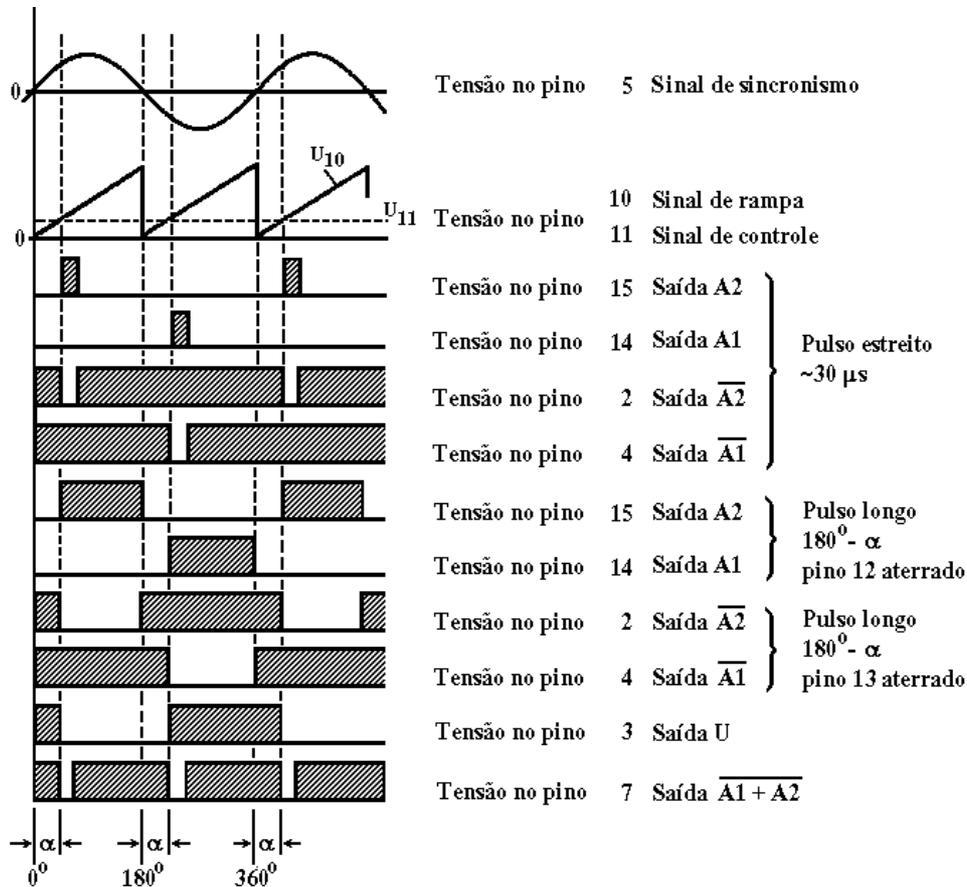


Fig. 2 - Formas de onda típicas do circuito integrado TCA 785

A tensão de sincronismo CA é aplicada entre o pino 5 e o pino 1, este último previamente aterrado. O sincronismo é obtido através de um detector de passagem por zero de elevada sensibilidade seguido de um registrador que determina o início e final de um sinal em forma de rampa obtido de um gerador de dente de serra. O gerador de dente de serra (cujo controle está na unidade lógica) consiste essencialmente de uma fonte controlada de corrente constante, que carrega um capacitor externo C_T , não superior a 0.5 μ F (pino 10). A corrente desta fonte é determinada por uma resistência externa R_T de 20 k Ω a 500 k Ω (pino 9). A combinação $R_T C_T$ determina a inclinação da tensão de rampa no pino 10.

O sinal de rampa (pino 10) é habilitado por um transistor interno ao CI. O registrador de sincronismo somente transmite a informação do detector de zero para a lógica de disparo quando for habilitado pelo circuito de monitoração da descarga do capacitor de rampa.

A tensão de controle é aplicada entre os pinos 11 e 1, este último previamente aterrado. O seu valor é comparado com a tensão de rampa (pino 10) através do "comparador de controle", determinando o início do ângulo de disparo α . A unidade lógica determina a posição e a duração dos sinais enviados aos gatilhos, os quais são positivos em relação ao terra.

As duas saídas principais do controlador A1 (pino 14) e A2 (pino 15) utilizam uma configuração de seguidor de emissor e conseguem drenar uma corrente de até 55 mA. Cada uma delas é comandada pela tensão de sincronismo do semiciclo correspondente, ou seja, na saída A1 (A2) só estarão presentes pulsos, se a tensão de sincronismo for negativa (positiva).

Existem ainda duas saídas complementares $\overline{A1}$ (pino 4) e $\overline{A2}$ (pino 2), que correspondem ao inverso dos sinais A1 e A2 respectivamente, dispostas em coletor aberto e que suportam uma corrente máxima de 1.5mA.

Nas saídas A1 e A2 são gerados pulsos com duração de aproximadamente 30 μ s (pulso estreito), cuja largura pode ser alterada através da conexão de um capacitor externo ao pino 12. Com pino 12 aterrado resulta um pulso de largura $\beta = 180^\circ - \alpha$ (pulso longo).

O integrado possui ainda duas saídas auxiliares U (pino 3) e Z (pino 7) ligadas em coletor aberto. A saída U fornece um sinal semelhante a A1, mas com largura constante $\beta = 180^\circ$. A saída Z é a soma lógica "NOR" das funções A1 e A2, ou seja, $\overline{A1 + A2}$.

Todas as saídas podem ser inibidas através do pino 6, conectando-o à terra através de uma chave, relé ou transistor.

3. PARTE PRÁTICA

A fig. 3 apresenta o diagrama da ponte monofásica controlada a ser alimentada pela tensão de linha \underline{u} \underline{v} de 34,5 V_{CA} fornecida pela fonte de alimentação CA trifásica disponível no laboratório didático.

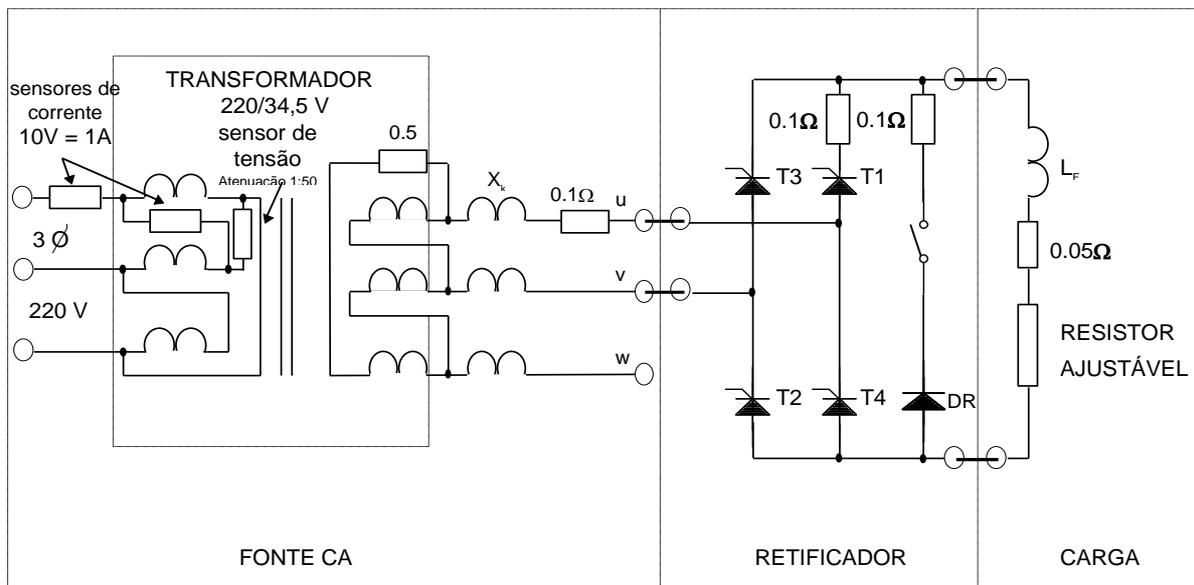


Fig. 3 - Esquema de ligação do retificador em ponte monofásica controlada

O diagrama esquemático completo do circuito de acionamento e controle do retificador encontra-se na fig. 4. Note que os módulos de fonte e do retificador controlado devem ser interligados também através de um conector apropriado disponível na base dos arranjos onde encontram-se disponíveis o sinal de sincronismo CA e a tensão de alimentação de 15 V_{CC} para o circuito integrado.

Como carga deverá ser utilizado o módulo disponível que permite a implementação de cargas resistivas e resistivo-indutivas.

A parte prática é dividida em duas partes: a) análise dos sinais do circuito integrado TCA 785 e b) medições numa ponte monofásica controlada.

EXPERIÊNCIA Nº 3

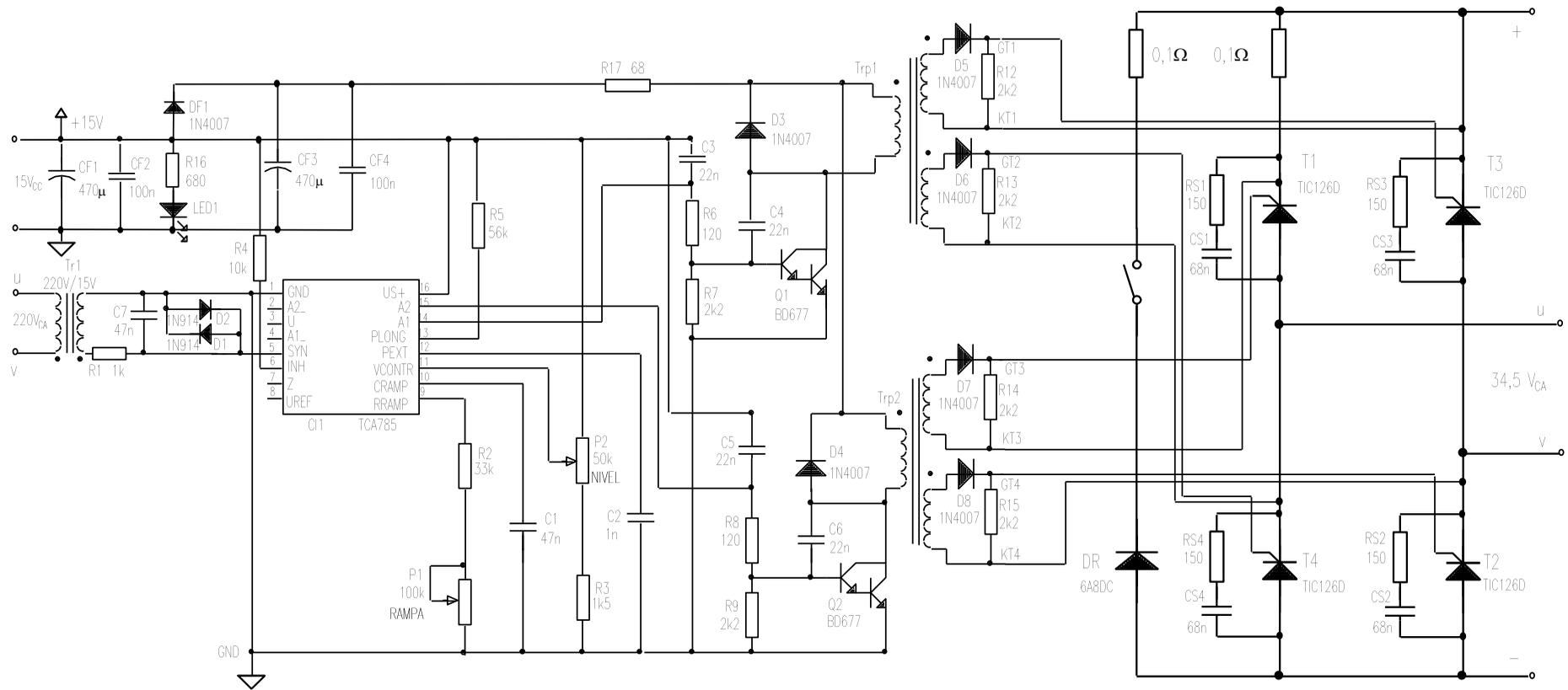


Fig. 4 - Esquema do circuito de acionamento de uma ponte monofásica utilizando o circuito integrado TCA 785

3.1. Análise dos sinais de controle do CI TCA 785

3.1.1. Identificar visualmente na placa cada componente do esquema da fig. 4.

3.1.2. Alimentar o módulo retificador pelas fase u e v com tensão de linha de 34,5 V_{CA}, mantendo-o desconectado do módulo de carga. Utilizando simultaneamente duas pontas de prova com a(s) garra(s) de terra conectada(s) no pino GND (TERRA), medir os seguintes sinais do circuito disponíveis nos pinos de teste devidamente identificados na base do arranjo. Ajustar o potenciômetro da rampa de forma a obter no pino 10 uma rampa perfeita sem saturação da borda superior. Ajustar o potenciômetro da tensão de controle em uma posição intermediária.

Não tente medir sinais em outros pontos não sinalizados da placa

Para melhor visualização, sugere-se executar as medições (não é obrigatório registrá-las) na seqüência indicada abaixo:

Ponta de prova canal 1	Ponta de prova canal 2
Vrede	pino 5 (sincronismo)
pino 5 (sincronismo)	pino 10 (rampa)
pino 10 (rampa)	pino 11 (Vcontrole)
pino 10 (rampa)	pino 14 (pulso 1)
pino 10 (rampa)	pino 15 (pulso 2)

3.1.3. Verificar que o ângulo de atraso α pode ser alterado, modificando-se a tensão de controle, ou a inclinação da rampa através dos potenciômetros correspondentes. Ajustar novamente o potenciômetro de rampa de forma a se obter no pino 10 uma rampa perfeita (sem saturação da borda).

3.2. Medição dos sinais no circuito de potência da ponte monofásica controlada

3.2.1. Carga resistiva (Corrente CC descontínua)

Mantendo o diodo de retorno **DR** fora do circuito (**chave na posição OFF**), ligar uma carga resistiva de 30 Ω na saída do retificador.

A) Medir simultaneamente a tensão e a corrente na saída do retificador e verificar que o ângulo de disparo α pode ser variado de praticamente 0° a 180°. Note que para ângulos superiores a 0° a corrente na carga se torna descontínua.

B) Ajustar um ângulo de disparo de aproximadamente $\alpha=30^\circ$ (Lembre-se que o ângulo de disparo é medido a partir da passagem por zero da tensão de linha. Portanto basta medir simultaneamente a tensão e a corrente de linha). Registrar as formas de onda abaixo, indicando em cada uma o ângulo de disparo.

Ponta de prova canal 1	Ponta de prova canal 2
Corrente em T1	Tensão na carga (inverter o canal)
Tensão de linha	Tensão sobre T1
Tensão de linha	Corrente de linha

3.2.2 Carga resistivo-indutiva sem diodo de retorno

Inserir o indutor ($L=130$ mH) disponível no arranjo didático em série com o resistor de 30Ω (manter o diodo DR fora do circuito) e manter o ângulo de disparo $\alpha=30^\circ$.

- A) Registrar as formas de onda relacionadas na tabela abaixo, indicando em cada uma delas, quando pertinente, os ângulos de disparo e comutação. Lembrar que durante a comutação dos tiristores a tensão na entrada da ponte se anula.

Ponta de prova canal 1	Ponta de prova canal 2
Corrente de carga (tensão sobre o resistor)	Tensão na saída do retificador
Tensão de linha	Tensão sobre T1
Tensão de linha	Corrente de linha

- B) Mantendo o mesmo ângulo de disparo e apenas observando a tensão de linha, anotar o ângulo de comutação e alterar o valor do resistor de carga para 10Ω e em seguida para 70Ω . Discuta a variação de μ para os três valores de resistência.
- C) Retornar o resistor de carga para 30Ω e, monitorando a corrente de carga, variar o ângulo de disparo até que a mesma instantaneamente passe por zero. Medir o valor do ângulo crítico α_c nesta condição, que determina o limite de continuidade da corrente na carga.
Comparar o valor medido com o valor teórico dado pela fórmula abaixo. (Meça o valor da resistência de carga + resistência do indutor com um multímetro e desconte a resistência das pontas de prova do mesmo)

$$\alpha_c = \tan^{-1}[\omega L / R]$$

- D) Registrar a forma de onda da tensão sobre o tiristor T1 para um valor de α ligeiramente acima de α_c . Interprete a forma de onda trecho a trecho.

3.2.3 Carga resistivo -indutiva com diodo de retorno

Mantendo a carga RL, inserir o diodo de retorno no circuito (**chave na posição ON**) e aumentar o ângulo de disparo para $\alpha=70^\circ$.

- A) Registrar as formas de onda indicadas na tabela abaixo.

Ponta de prova canal 1	Ponta de prova canal 2
Corrente de carga (tensão sobre o resistor)	Tensão na saída do retificador
Corrente no diodo de retorno	Tensão na saída do retificador
Tensão de linha	Tensão sobre T1
Tensão de linha	Corrente de linha

- B) Variar o ângulo de disparo e observar se há continuidade de corrente na carga.

3.3. Análise das medições

- a) Explicar trecho a trecho o comportamento da forma de onda da tensão sobre o tiristor para as diversas condições de carga:
- carga resistiva;
 - carga RL sem diodo de retorno para $\alpha < \alpha_c$;
 - carga RL sem diodo de retorno para $\alpha > \alpha_c$;
 - carga RL com diodo de retorno para $\alpha > \alpha_c$.

- b) Explicar cada uma das discontinuidades observadas na tensão de linha CA para as diversas condições de carga.
 - c) A partir da forma de onda da corrente no diodo de retorno, calcular o valor da indutância da carga e comparar com o valor de projeto.
 - d) Identificar o ângulo de disparo (α) e o(s) ângulo(s) de comutação (μ) nas formas de onda de tensão e corrente na linha com diodo de retorno. Por que há mais de um ângulo de comutação?
 - e) Comparar as condições de operação com e sem diodo de retorno. Por que o diodo de retorno garante continuidade de corrente na carga para qualquer valor de α ?
- 3.4. Esquematizar um retificador monofásico totalmente controlado, incluindo uma proteção de sobrecorrente. Esta proteção deve ser retentiva, ou seja, ela deve permanecer atuada, mesmo que, após a sua ativação, a corrente tenha atingido níveis mais baixos. Para tanto, utilize as características de controle do integrado TCA 785. A proteção deve desligar o retificador, atuando convenientemente nos pulsos de gatilho, quando a corrente na carga ultrapassar um valor I_{max} ajustável.

RELATÓRIO

O relatório deverá obedecer a seqüência indicada na parte experimental da apostila e não conter introdução teórica.

Todos os gráficos de formas de onda deverão:

- i) estar devidamente identificados;
- ii) apresentar as indicações de ângulos de disparo, ondulação, etc;
- iii) conter comentários sobre eventuais desvios observados em relação a forma de onda prevista pela teoria.