

Data: _____

Bancada n° _____

Nota: _____

Nome: _____

RA: _____

Nome: _____

RA: _____

Nome: _____

RA: _____

CONVERSORES CC-CA: MODULAÇÃO POR LARGURA DE PULSO

Parte Experimental: 1ª PARTE

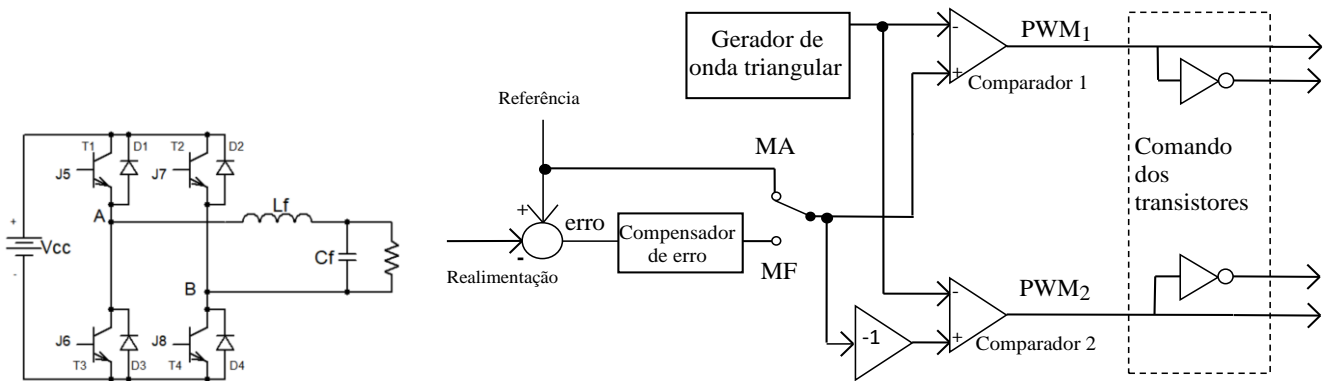
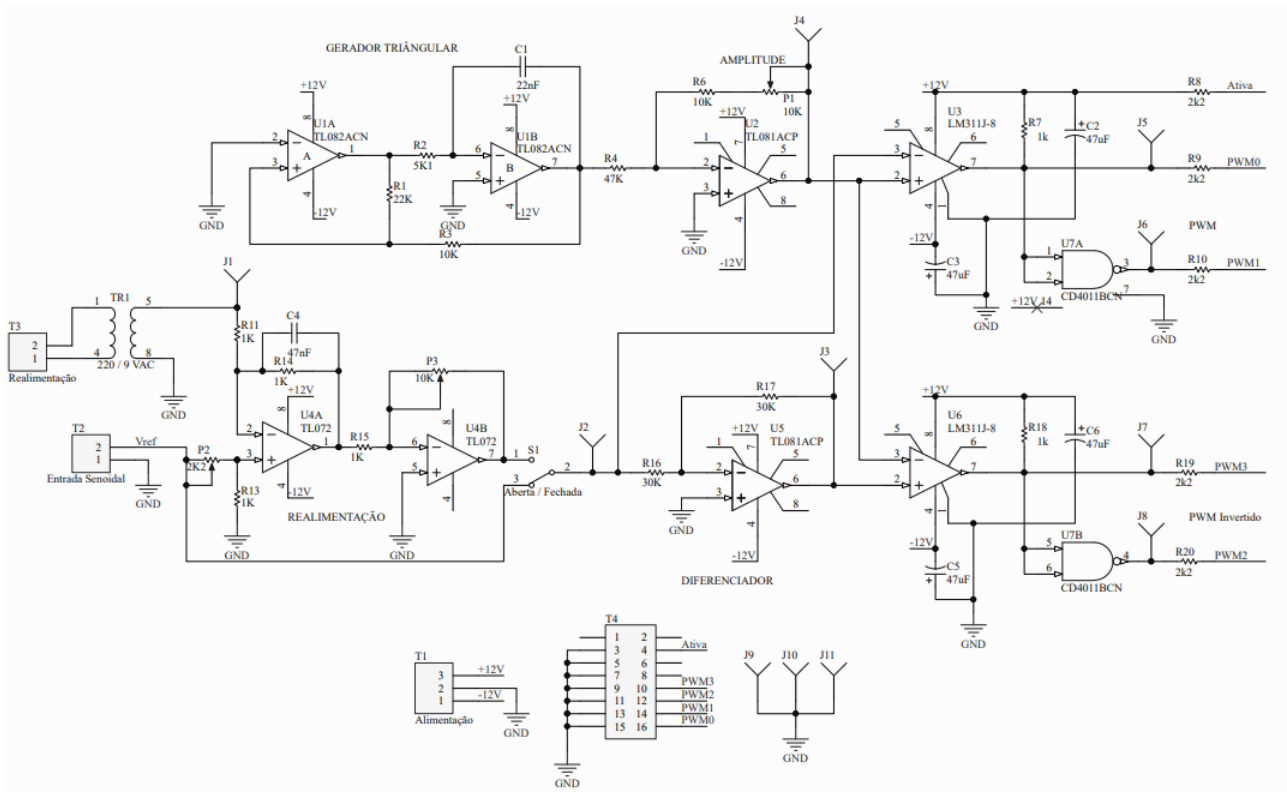


Diagrama de blocos do circuito de comando e controle.



Circuito para produção de comandos MLP

6.1 Geração de sinal MLP – Ensaios na placa eletrônica

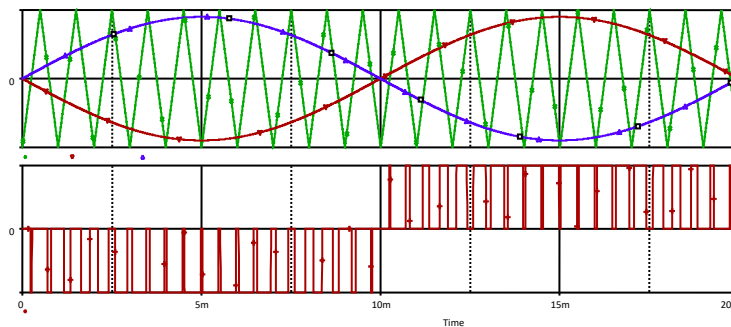
- a) A observação de formas de onda na placa eletrônica de comando e controle são feitas em relação ao ponto “GND”. Coloque a chave para operação no modo malha aberta (MA). Alimente este circuito com +/- 12V. Conecte a saída do gerador de funções (embutido no próprio osciloscópio) na entrada Vref da placa. Ajuste o sinal no ponto J2 com uma senóide em 60 Hz e 3,0V (pico-a-pico, sem off-set). A fonte de alimenta o circuito de potência deve permanecer desligada.
- b) Observe os sinais nos pontos J2 e J3. Estes são os sinais de referência e seu inverso (**modulantes**) usados para a produção de um sinal modulado em largura de pulso de três níveis (MLP/PWM). Cada uma das modulantes produzirá o comando para um dos braços do inversor.
- c) Observe os sinais nos pontos J2 e J4. Em 4 tem-se a onda triangular **portadora** do sinal MLP. Com o **trimpot (P1)**, ajuste a amplitude para 4 V pico a pico. A largura de pulso depende da comparação da portadora com a(s) referência(s). A frequência do sinal modulado é determinada pelo portadora. Meça a frequência da portadora: kHz.
- d) Observe simultaneamente os pontos J2 (referência) e J6 (sinal PWM), este último obtido pela comparação dos sinais modulante e portadora. Verifique e explique a variação da largura de pulso em relação ao valor instantâneo do sinal de referência. Meça largura de pulso no pico da referência: %. E no cruzamento com zero: %.

Comente os resultados. Compare com os valores teóricos

- e) Altere a forma de onda da referência (no gerador de funções) para quadrada e, em seguida, para triangular. Comente os comportamentos resultantes no sinal MLP.

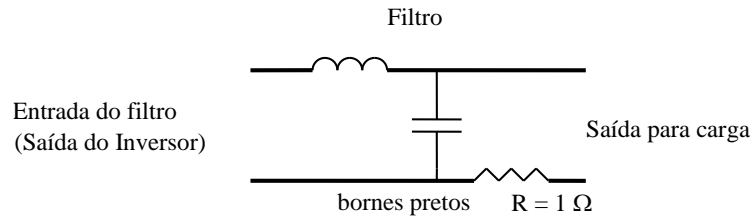
- f) Observando os pontos J2 e J4, retorne a referência para uma onda senoidal. Aumente a amplitude do sinal modulante (ponto 2) para 5 V (pico a pico). Nessa situação o sinal modulante (senóide) supera a amplitude da portadora em alguns intervalos de tempo. Observando novamente os pontos J2 e J6, verifique e explique as mudanças no sinal MLP.

- g) Retorne a modulante para uma amplitude (pico a pico) de 3 V. Observe simultaneamente os sinais J6 e J5. Estes serão os sinais de comando enviados aos transistores de um dos ramos do inversor. Os sinais análogos, nos pontos J7 e J8 são gerados à partir da referência invertida e são usados para o comando do outro ramos do inversor. Explique por que os comandos dos transistores de um mesmo ramo possuem sinais invertidos.



6.2 Acionamento do inversor: Alimentação de carga resistiva em malha aberta

- a) Mantenha a chave para operação no modo malha aberta (MA). Conecte o *flat cable* que transmite os pulsos PWM do o circuito eletrônico para o módulo de potência que realiza o inversor. A placa de potência tem 2 leds que indicam a atuação de proteções. Caso estejam acessos, aperte o botão de reset (próximo aos leds) para liberar o funcionamento do inversor.
- b) Coloque o filtro LC na saída do inversor. Na saída do filtro LC (no borne preto) conecte um resistor de 1 ohm, conforme mostra a figura abaixo. Sobre este resistor será observada a corrente. Na saída para a carga coloque a lâmpada 127V/40W.



Filtro passivo tipo LC

- c) Ainda com a fonte CC de potência desligada, ajuste o limite de corrente para seu valor máximo (3 A). As saídas da fonte devem estar na posição “série” de modo a ser possível operar com até 60 V. Conecte esta fonte no barramento CC do inversor. Cuidado com a polaridade!
- d) Coloque as pontas de prova de modo a observar simultaneamente as formas de onda das tensões na saída do inversor (entrada do filtro LC) e sobre a carga (saída do filtro LC). Os terminais pretos da placa do filtro são um ponto comum, de modo que sinais podem ser observados nos bornes vermelhos. Ligue a fonte de potência e suba a tensão até 60 V. Meça a largura do pulso (na entrada do filtro) no cruzamento com o zero e no pico da tensão de saída do filtro (que reproduz a referência). Repita algumas medições para estimar um valor médio. Comente os resultados e determine:

Largura de pulso quando a referência é nula: % e no pico da referência %

Frequência de chaveamento observada na saída do inversor: kHz.

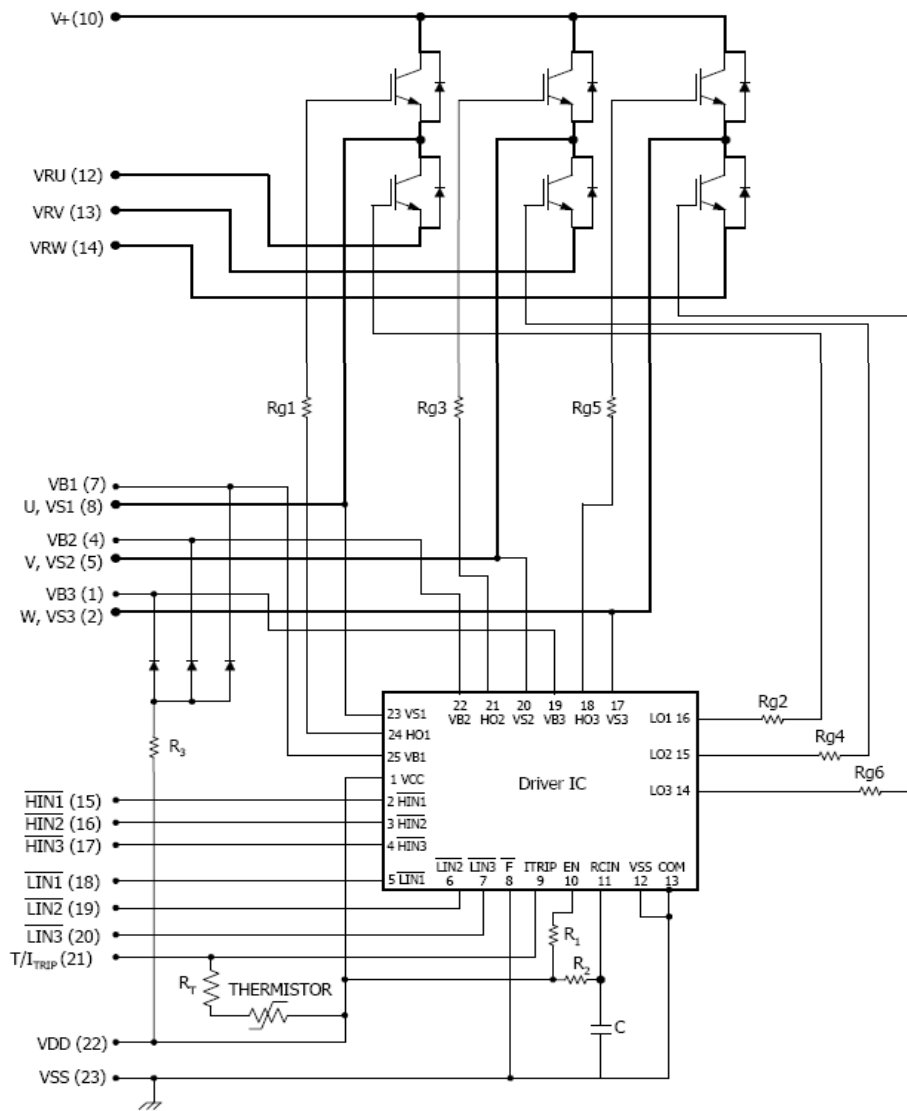
- e) Observe o espectro (função FFT com escala vertical V RMS) da **tensão na entrada do filtro**. Ajuste o *setup* do osciloscópio de modo a identificar no espectro a frequência de comutação (Span 50 kHz, Center 25 kHz e escala RMS). Identifique pelo espectro a frequência de chaveamento observada na saída do inversor e meça o máximo valor da tensão dada no espectro na faixa de alta frequência. Compare e explique por que a frequência é diferente daquela da onda portadora.

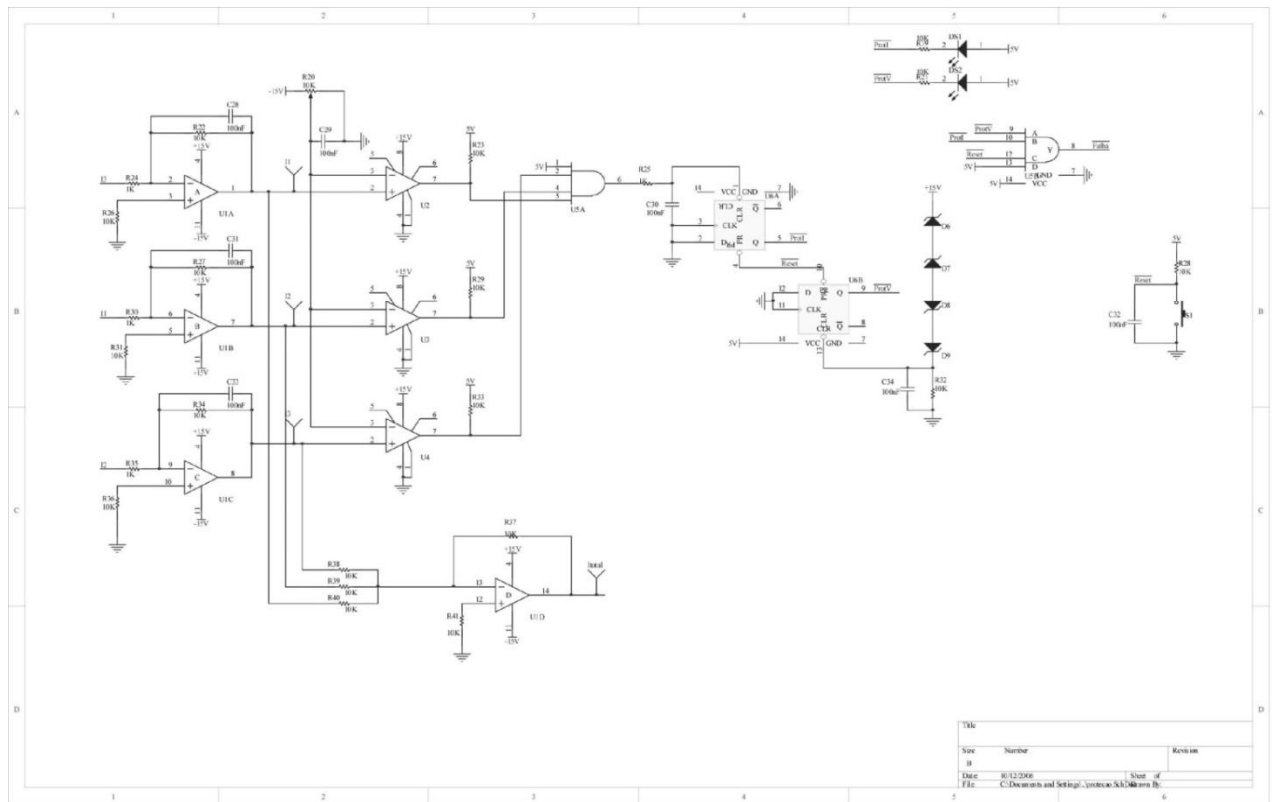
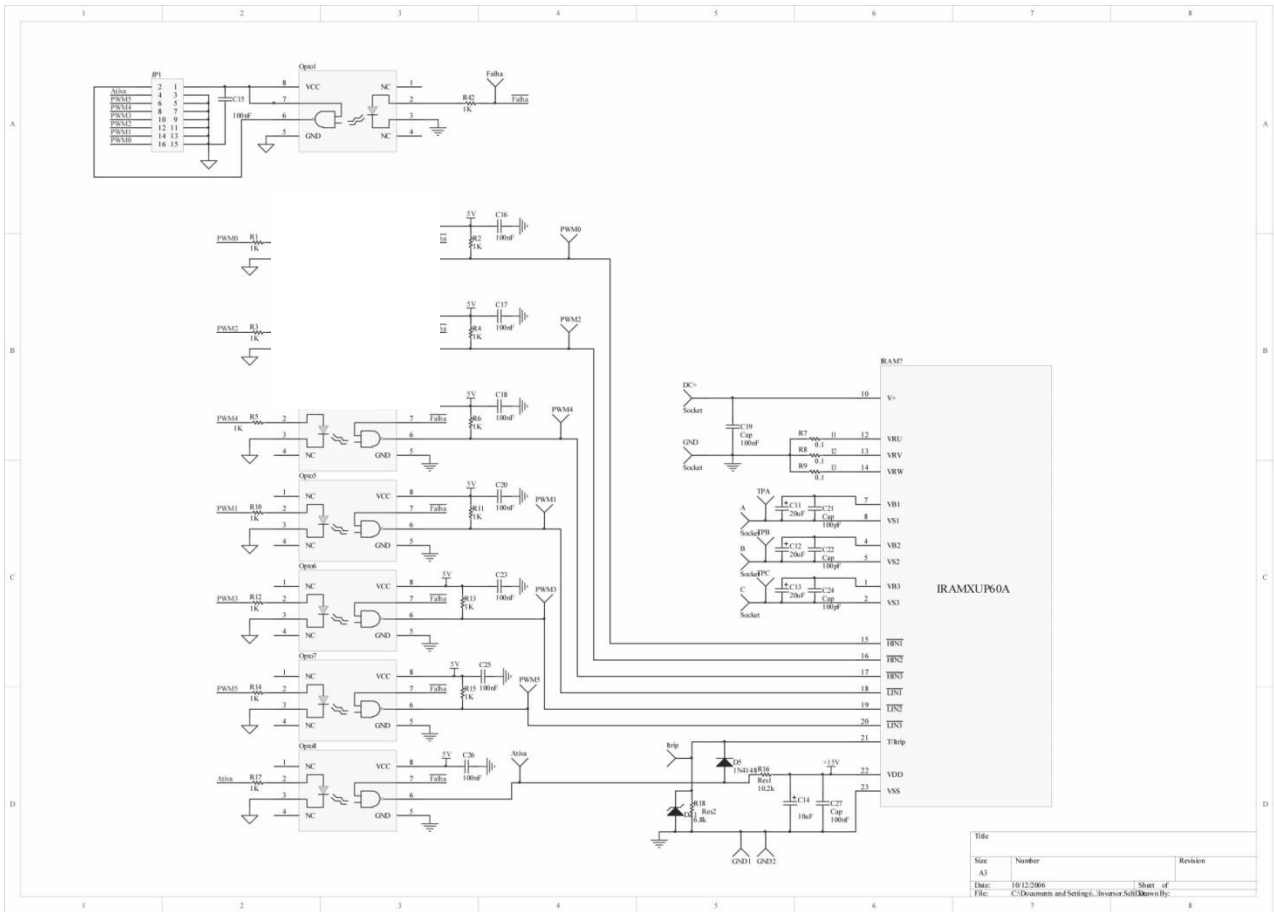
Frequência: kHz. Valor da componente nesta frequência: V.

- f) Repita este procedimento e analise a FFT do **signal na saída do filtro LC**. A partir dos espectros, meça a novo valor da amplitude da componente na frequência de chaveamento e calcule de quantas vezes é a atenuação produzida pelo filtro na frequência de chaveamento.

Valor da componente espectral nesta frequência: Atenuação: vezes.

Internal Electrical Schematic - IRAMS06UP60A





Data: _____

Bancada n° _____

Nota: _____

Nome: _____

RA: _____

Nome: _____

RA: _____

Nome: _____

RA: _____

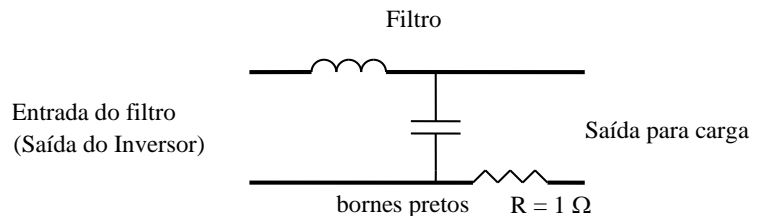
CONVERSORES CC-CA: INVERSOR OPERANDO EM MALHA FECHADA

Parte Experimental: 2ª PARTE

a) Alimente a placa eletrônica com +/- 12V. O circuito de potência será alimentado pela outra fonte CC em até 60 V. Inicialmente essa fonte deve estar desligada. Verifique se as proteções da placa de potência estão desativadas (os leds devem estar apagados).

b) Com a chave na posição MA, verifique o ajuste da onda portadora (ponto 4 na placa de eletrônica) para que tenha variação pico a pico de 4 V. Ajuste o gerador de funções para que a referência (ponto 2) seja uma onda **triangular**, 60 Hz, com 3 V pico a pico, sem off-set. Conecte o *flat cable* entre a placa eletrônica e a placa de potência.

c) Desloque as pontas de prova para o circuito de potência. Conecte a carga (lâmpada) na saída do filtro. Observe simultaneamente as formas de onda das tensões na saída do inversor (entrada do filtro LC) e sobre a carga (saída do filtro LC), conforme figura. Ligue a fonte de potência e suba a tensão CC até 60 V. Comente os resultados.



d) Altere a referência (gerador de funções) para uma onda quadrada. Observe e comente os resultados.

e) Ainda usando a onda quadrada como referência, aumente a amplitude da referência para 5 Vpp de modo a que ocorra sobremodulação (valor da referência maior do que o da portadora). Desconecte a lâmpada. Esboce as formas de ondas e comente.

f) Analise os espectros (FFT) dos sinais na entrada e na saída do filtro LC em baixa frequência (entre zero e 5 kHz). Esboce os espectros e comente os resultados. A partir da comparação dos espectros, estime a frequência de ressonância do filtro LC: Hz.

Alimentação de carga não-linear e controle em malha aberta

g) Desligue a fonte do circuito de potência. Na saída do filtro LC, mantendo o resistor de 1Ω, conecte o retificador monofásico com filtro capacitivo usando como carga (lado CC do retificador) a lâmpada. Retorne para uma referência senoidal, 60 Hz, com tensão pico-a-pico de 3 V (ponto 2 da placa de controle).

h) Desloque as pontas de prova para o circuito de potência para observar simultaneamente as formas de onda da corrente (sobre o resistor de 1 ohm) e da tensão na saída do filtro LC Ainda com a chave na posição malha aberta (MA), ligue a fonte de potência (60 V). Esboce e explique as formas de onda. Meça o valor de pico da tensão na saída do filtro:

i) Desconecte a lâmpada na saída CC. Meça o valor de pico da tensão na saída do filtro:
Observe e explique as alterações nas formas de onda.

Ensaio em Malha Fechada

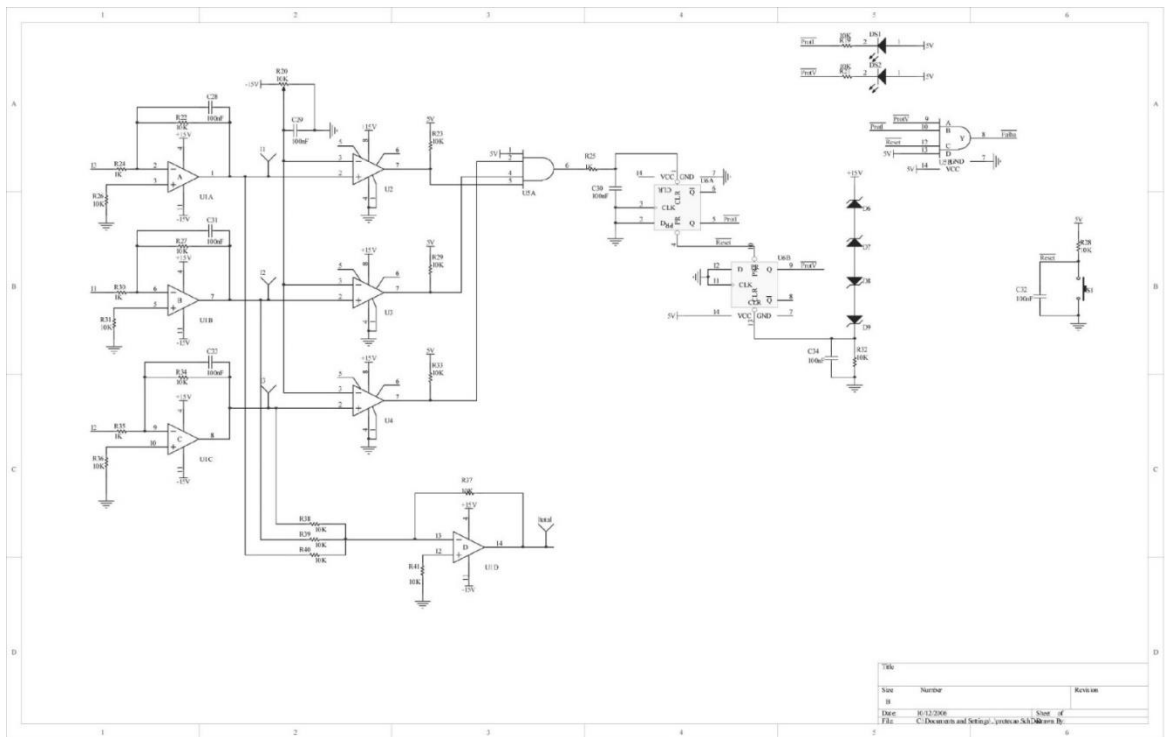
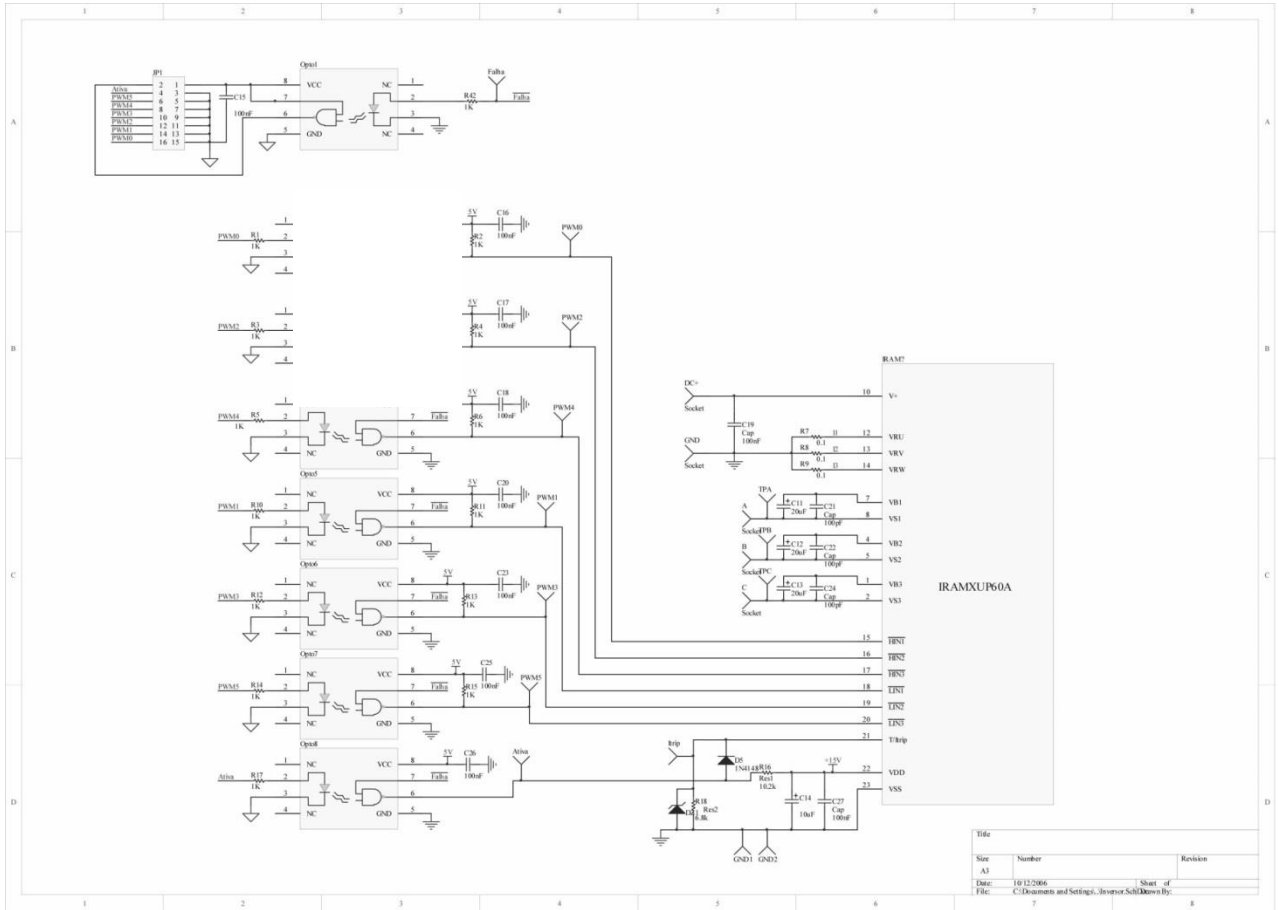
j) Desligue a fonte de potência. Reconecte a carga (lâmpada) na saída do retificador. Conecte a saída do filtro LC na entrada de realimentação (placa eletrônica), onde está o transformador que permitirá a realimentação isolada do sinal de tensão a ser controlado. Passe a chave para a posição MF (malha fechada).

k) Ligue a fonte de potência. Caso a tensão de saída se torne quadrada, isso indica que a realimentação está com polaridade trocada. Desligue a fonte de potência, inverta a conexão da realimentação na placa eletrônica e torne a ligar a fonte de potência. Se a forma da tensão for aproximadamente senoidal, isso indica polaridade correta e o ensaio pode prosseguir.

l) Varie o ganho do compensador proporcional (trimpot P3, que altera o ganho do controlador proporcional) e verifique o impacto na qualidade da forma de onda da saída. Esboce as formas de onda e comente.

m) Ajuste o trimpot P2 (que varia o valor do sinal de realimentação) para que se obtenha o mesmo valor de pico obtido no item h). Caso a forma de onda da corrente não esteja simétrica (semiciclo positivo diferente do negativo), faça um ajuste no off-set da referência (no gerador de funções) de modo a equalizar os semiciclos.

n) Desligue a fonte de potência. Transfira as pontas de prova para o circuito eletrônico e verifique os sinais nos pontos 1 e 3 que são, respectivamente, o sinal de realimentação e o novo sinal modulante (saída do compensador na operação em MF). Ligue a fonte de potência. Esboce as formas de onda e comente. Use uma aquisição (*acquire*) média para minimizar os ruídos dos sinais.



Internal Electrical Schematic - IRAMS06UP60A

