

Universidade Federal de Juiz de Fora

**Projeto e construção de fonte chaveada de
500W para microcomputadores**

Luís Oscar de Araújo Porto Henriques

Faculdade de Engenharia da Univ. Federal de Juiz de Fora

Departamento de Circuitos Elétricos

PROJETO E CONSTRUÇÃO DE FONTE CHAVEADA DE 500W PARA MICROCOMPUTADORES

por

LUÍS OSCAR DE ARAÚJO PORTO HENRIQUES

Relatório final do Trabalho de Iniciação Científica apresentada ao Curso de Engenharia Elétrica da Faculdade de Engenharia da Universidade Federal de Juiz de Fora.

Orientador: Márcio de Pinho Vinagre

Juiz de Fora

1996

SUMÁRIO

| | |
|--|-----------|
| Resumo | 5 |
| 1 - Introdução | 5 |
| 2 - Objetivos | 6 |
| 3 - Metodologia | 6 |
| 3.1 - Levantamento detalhado de uma fonte chaveada preexistente | 6 |
| 3.2 - Projeto de uma nova placa de circuito impresso | 9 |
| 3.3 - Montagem do protótipo da fonte chaveada | 10 |
| 4 - Conclusão | 12 |
| 5.1 - Principais tipos de fontes | 13 |
| 5.2 - Reguladores e Proteção de fontes chaveadas | 17 |
| 5.3 - Circuitos Integrados PWM | 18 |
| 5.4 - Ruído emitido por Fontes Chaveadas | 20 |
| 6 - Referências Bibliográficas | 21 |
| Anexo 1: Tabelas: | 22 |

LISTA DE FIGURAS

| | |
|---|-----------|
| Figura 1: Foto da placa original antes do levantamento dos componentes | 7 |
| Figura 2 : Foto da placa original após o levantamento dos componentes | 7 |
| Figura 3: Circuito final roteado | 8 |
| Figura 4: face “top” da placa de circuito impresso nova | 9 |
| Figura 5: Comparação em escala do tamanho da placa original e a placa confeccionada. | 10 |
| Figura 6: Circuito no Schematic | 11 |
| Figura 7 Comparação entre a placa antiga e o protótipo construído | 11 |
| Figura 8: Buck | 14 |
| Figura 9: Push-pull | 14 |
| Figura 10 : Flyback | 16 |
| Figura 11 : Boost | 16 |
| Figura 12 Fonte chaveada | 17 |
| Figura 13 Diagrama de Blocos - PWM | 19 |

Resumo

Este trabalho está fundamentado no estudo, na análise e na construção de uma fonte chaveada para potência de 500W. O domínio destes passos de projeto levam a um conhecimento maior de vários detalhes que normalmente passam despercebidos quando se utilizam manuais de projetistas. Trata-se então de pesquisa de base e desenvolvimento, cujo resultado leva ao domínio de um assunto específico, cuja teoria se encontra atualmente fundamentada. Este projeto foi auxiliado por softwares profissionais (TANGO, PSPICE) que contribuíram para uma melhoria significativa do layout de placa e simulação do circuito, diminuindo consideravelmente o tamanho da placa de circuito impresso. A otimização e compactação de circuitos elétricos é um objetivo sempre perseguido na Engenharia; quando existe um produto que desempenha determinada função, mas que tem concepção antiga, é necessário atualizá-lo para que sua competitividade seja mantida. Desta forma um produto que era excelente há 10 anos, não o é mais atualmente. Assim faz-se necessário melhorar o produto tanto em componentes eletro-eletrônicos como em "layout" principalmente. O presente projeto visou a melhoria de uma fonte chaveada já existente em termos de desempenho e "layout", tornando-a mais completa e competitiva. Envolve além de pesquisa básica, desenvolvimento de um produto final, se ajustando portanto ao perfil de projeto de desenvolvimento. Os estudos teóricos foram feitos na Universidade Federal de Juiz de Fora. Os circuitos de teste foram montados nos laboratórios da Faculdade de Engenharia da UFJF.

1 - Introdução

Quase todos os aparelhos eletro-eletrônicos modernos necessitam de fontes de alimentação estabilizadas em tensão contínua para correto funcionamento. No entanto, a alimentação de energia é feita em tensão alternada, tanto industrial quanto residencialmente. Faz-se necessário então a conversão da tensão alternada em tensão contínua em um processo denominado retificação.

Na saída do retificador a onda de tensão contínua não é estabilizada, e por isso se introduz um capacitor de filtragem e/ou algum circuito eletrônico regulador de tensão, quando a potência requerida for pequena. Em potências maiores o capacitor que deve ser empregado aumenta de tamanho físico e inviabiliza, em alguns casos, o projeto. Surge então a alternativa de se chavear

em alta frequência a tensão disponível logo após à retificação. Transformando esta tensão (agora em alta frequência) para um secundário de transformador com núcleo de ferrita, retifica-se a tensão novamente com uma vantagem muitíssimo importante, que é a redução do capacitor de filtragem. A quantidade de potência pode ser bastante aumentada chegando-se facilmente a 5kW.

Este trabalho teve como objetivos o estudo, a análise e a construção de uma fonte chaveada para potência de 500W. O domínio destes passos de projeto levaram a um conhecimento maior de vários detalhes (tais como transitórios de corrente e tensão em transformadores, capacitores, resistores, etc..) que normalmente passariam despercebidos quando se utiliza manuais de projetistas. Trata-se então de pesquisa de base e desenvolvimento, cujo resultado levou ao domínio de um assunto específico, cuja teoria se encontra atualmente fundamentada.

2 - Objetivos

Este relatório tem o objetivo de descrever as atividades realizadas no período da bolsa e também as modificações feitas no projeto devido a problemas encontrados durante o desenvolvimento do projeto. Bem como apresentar os resultados finais encontrados.

O objetivo principal do projeto foi fazer um estudo detalhado de uma fonte chaveada preexistente, de modo tal a fazer um esquema eletrônico desta fonte.

Outro objetivo foi de fazer a otimização do circuito eletrônico de forma a suprimir componentes desnecessários e em contra partida substituir outros por componentes de melhor qualidade.

Montagem da fonte chaveada em placa de circuito impresso de dupla face com o intuito de fazê-la a menor possível, utilizando o TANGO (software para confecção de placas de circuito impresso).

3 - Metodologia

3.1 - Levantamento detalhado de uma fonte chaveada preexistente

O trabalho foi iniciado com um estudo bibliográfico do material cedido pelo professor. Após, foi feito o levantamento de todas as conexões e ligações físicas de um circuito. Foram verificadas 130 partes, dentre componentes, conectores e dissipadores.

Foi constatado que o componente numerado como R25 na placa original tinha sido arrancado anteriormente, portanto este componente não possui valor no circuito proposto. Ele será substituído por um resistor variável de $10k\Omega$. Foram catalogados aproximadamente 83 nets (trilhas independentes) sendo que algumas possuem conexões na placa original através de jumpers devido ao fato de possuir somente trilhas em um único lado.

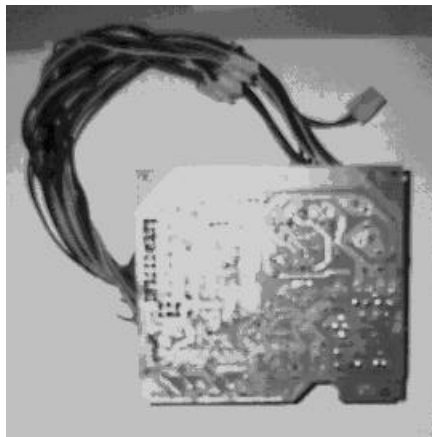


Figura A: Foto da placa original antes do levantamento dos componentes



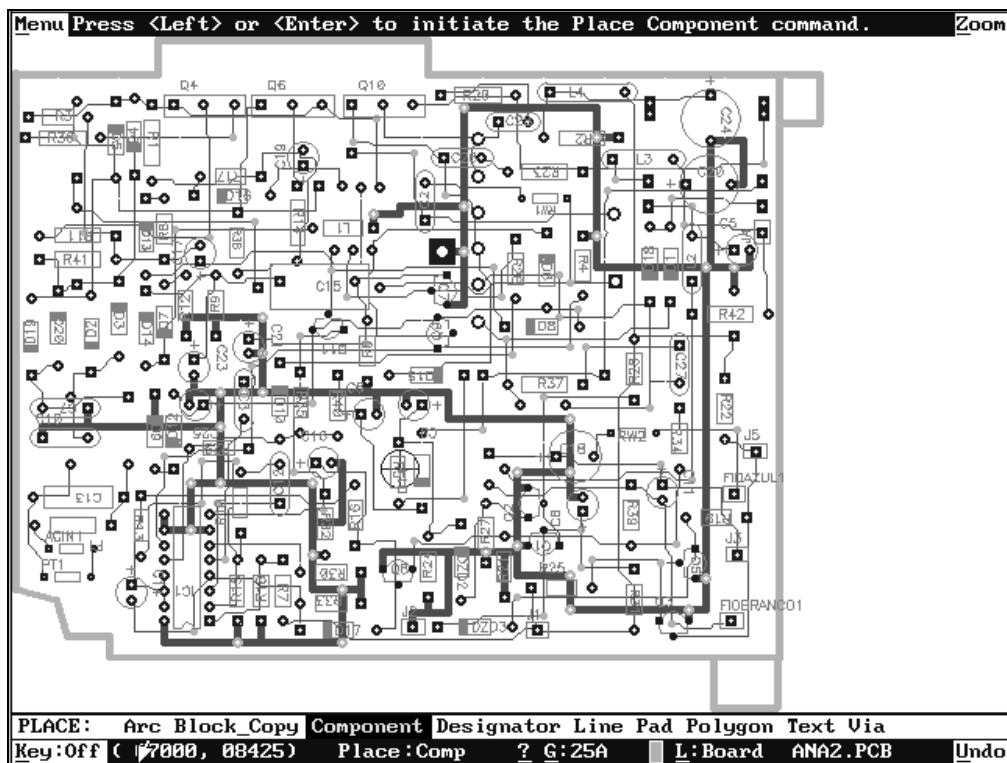
Figura B : Foto da placa original após o levantamento dos componentes

Os resistores, capacitores e indutores foram medidos com uma ponte de impedâncias no laboratório de Medidas Elétricas, e seu valores lidos foram coerentes com os valores medidos.

Tivemos problemas para identificar o componente IC2 com inscrição: MC 7905CT-QPR817; após consulta no “Linear Data Book National Semiconductor Corporation” foi constatado ser um regulador de tensão de 5 Volts de três terminais. Outro componente que tivemos problemas

para identificar foi H945 que parecia ser um transistor, porém não sabíamos a posição de seus terminais, problema facilmente solucionado após utilização de um multímetro onde encontramos uma configuração base-coletor-emissor. Outro componente que necessitou uma pesquisa sobre suas propriedades foi o chamado IC1 cuja inscrição no seu invólucro continha: TL494CN 809 XB+ e após consulta no Data Book Motorola DL128 8-c1 rev. 2 “Linear and Interface Integrated circuits”, descobrimos ser um gerador de PWM (Pulse Width Modulation) com alimentação de Terra no pino 7 e de tensão no pino 12. As saídas da placa são de 12V, -12V, 5V, -5V e Terra. Além de uma conexão para o LED do computador alimentado.

O circuito começou a ser desenhado no SCH (Programa computacional para circuito elétrico) numa folha de tamanho A3 devido ao tamanho e quantidade de elementos necessários para formar já citado circuito. O circuito foi roteado numa placa de tamanho 12,7 x 9,8 cm, sendo que a placa original possui uma dimensão de 16.2 x 14.3 cm . Abaixo, temos o circuito já pronto.



3.2 - Projeto de uma nova placa de circuito impresso

Nesta etapa do projeto foram contornadas várias dificuldades tais como: Inexistência de determinados invólucros, aprendizado de recursos do programa TANGO, escolha entre face simples ou dupla, etc.

Optou-se pela face dupla, e após vários testes, se obteve a versão definitiva das faces com as respectivas trilhas e ilhas como mostrada nas figuras abaixo:

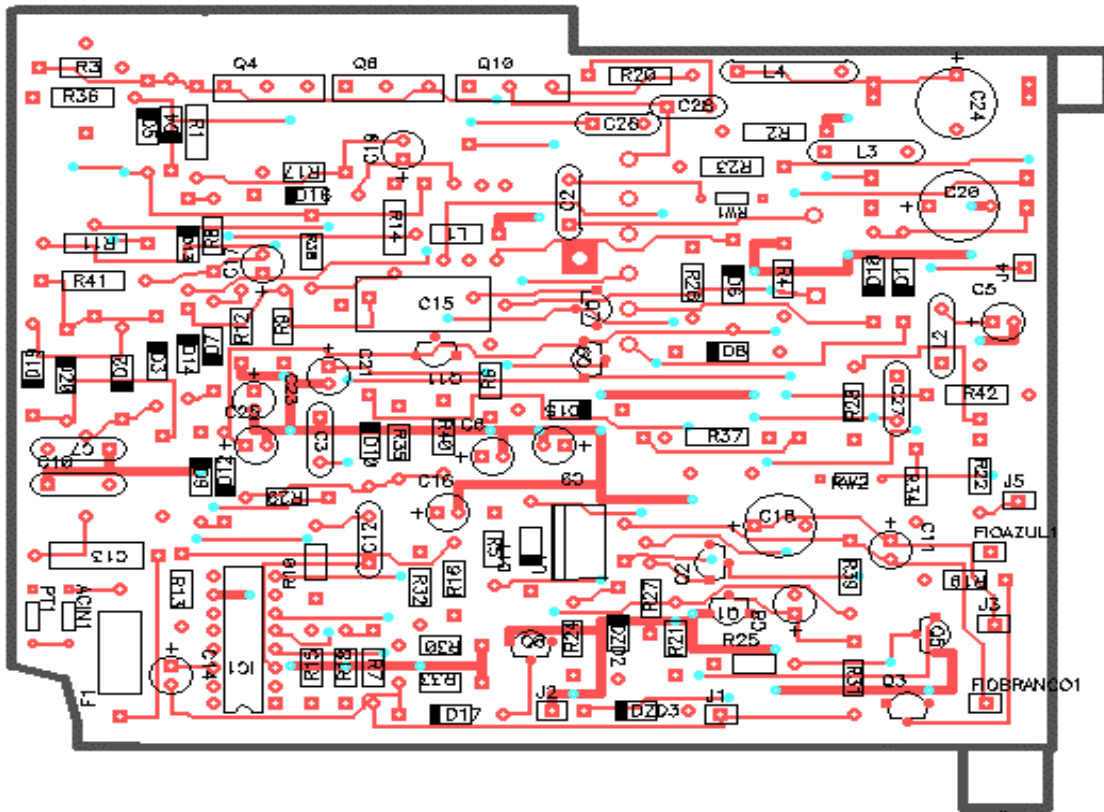


Figura D: face “top” da placa de circuito impresso nova

Para podermos ter a noção das modificações feitas no projeto, na figura 5 está mostrada a borda da placa original em escala compatível com aquela da nova projetada.

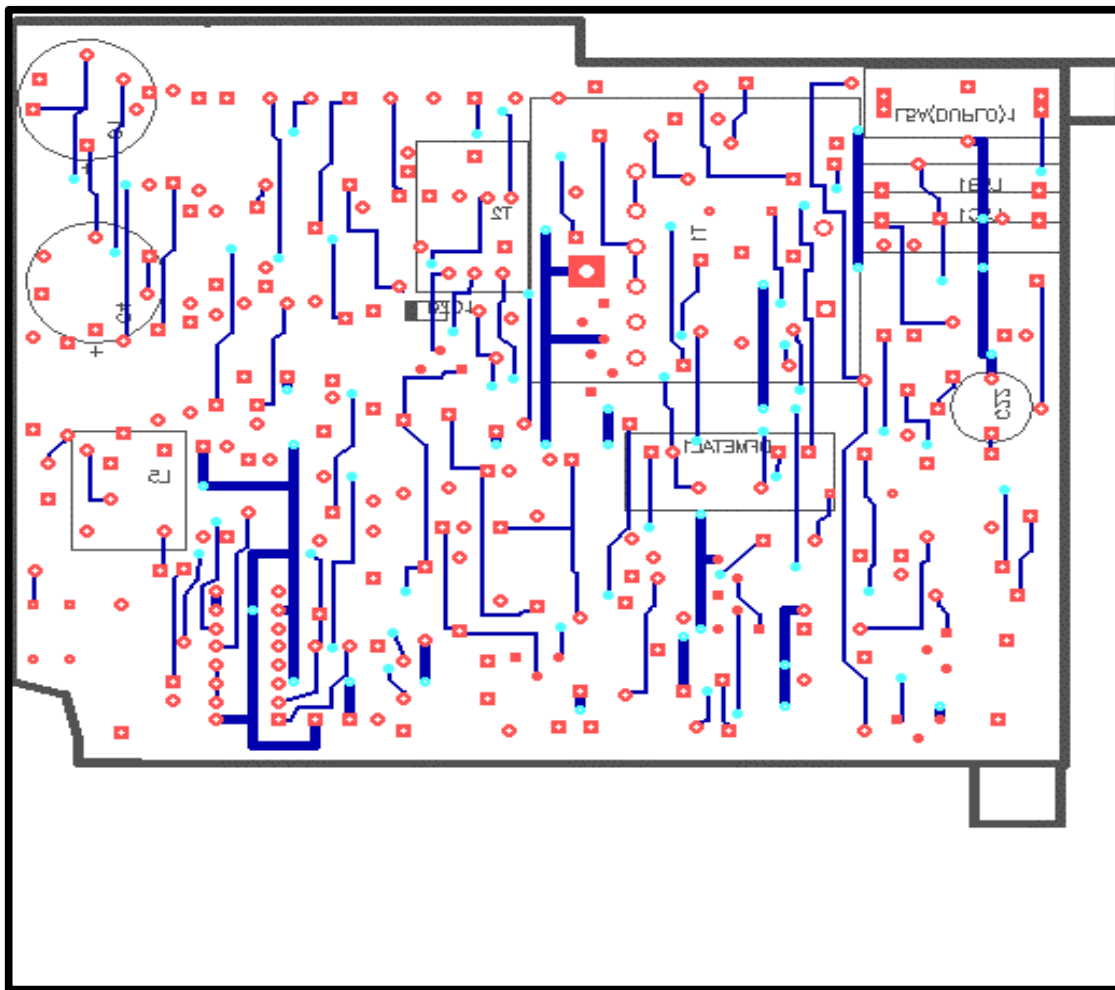


Figura E: Comparação em escala do tamanho da placa original e a placa confeccionada.

3.3 - Montagem do protótipo da fonte chaveada

Durante a montagem do protótipo, foi necessária a aquisição de componentes na cidade de São Paulo devido a inexistência dos mesmos na cidade de Juiz de Fora, que desencadeou o atraso na execução do projeto. Os componentes são os seguintes: 2 transistores C2555, diodos PS 102R, 2 capacitores 472 z5V 2KV, 2 diodos FR106 MIC, além de termos que reutilizar alguns componentes da placa antiga por serem estas configurações exclusivas da placa.

Em relação ao resistor R25 na placa original que havia sido arrancado anteriormente, foi colocado em seu lugar um resistor variável de 10kΩ. Com ele poderemos tentar fazer um ajuste mais preciso da tensão de saída da fonte chaveada.

Todos os indutores da placa foram reutilizados nesta nova placa, devido a impossibilidade de se fabricar estes componentes em nosso laboratório.

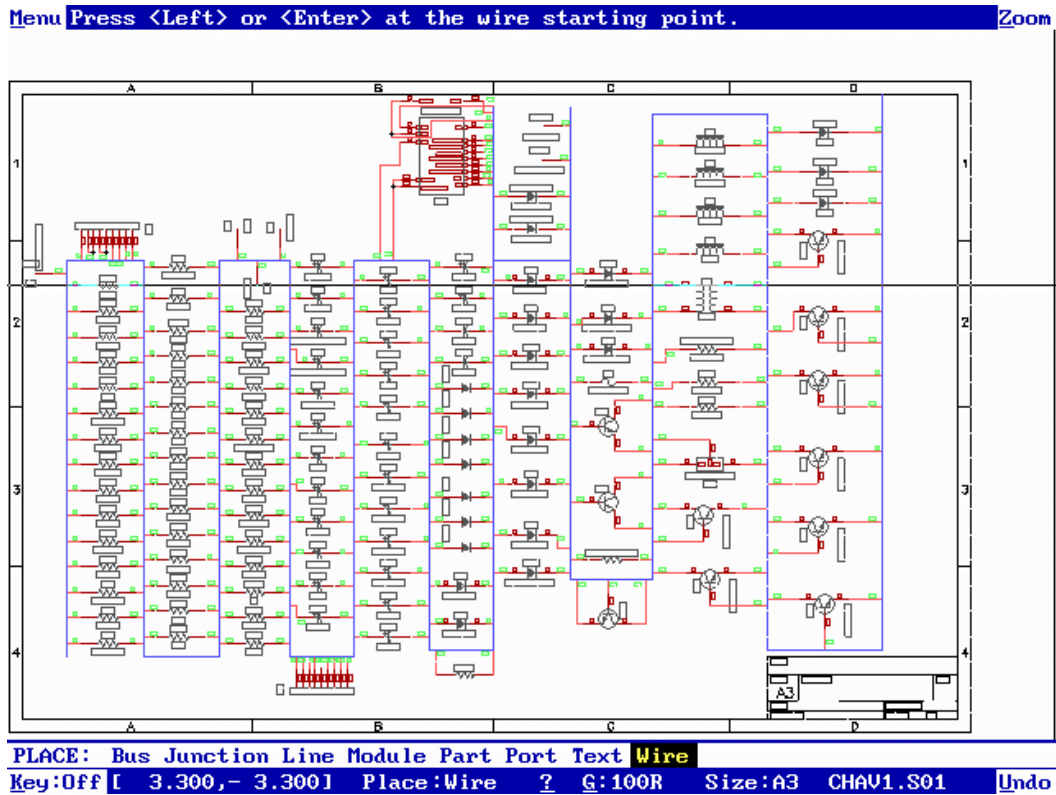


Figura F: Circuito no Schematic

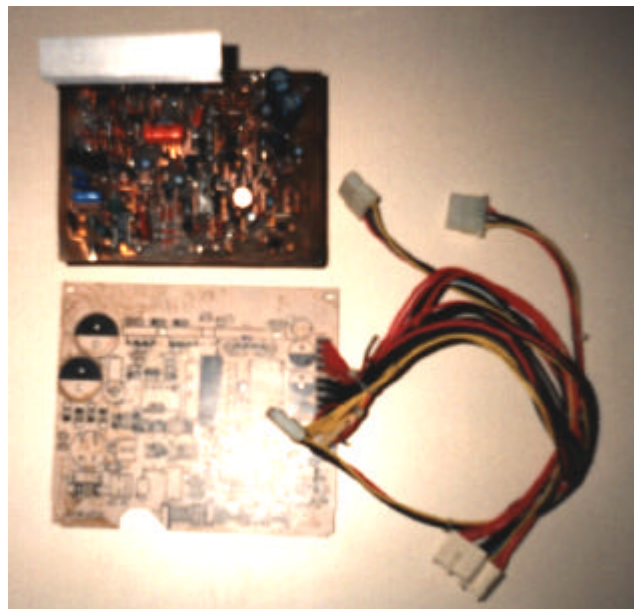


Figura G: Foto comparativa entre a placa antiga e o protótipo construído

4 - Conclusão

O projeto cumpriu o seu papel de pesquisa , onde o aluno aprendeu de maneira inquestionável a teoria proposta, estando o projeto dentro do seu cronograma proposto. Criou-se oportunidade de intercâmbio com outros pesquisadores na área pesquisada através do uso da INTERNET na rede UNIX do Laboratório de Computação Engenharia Elétrica (LACEE) da Faculdade de Engenharia, onde o aluno encontrou respostas para seus questionamentos. Neste período foi muito importante o apoio dado pelo orientador tanto na teoria quanto na prática, através dos equipamentos usados para o estudo.

5 - Apêndice: Fontes Chaveadas

Basicamente, uma fonte de alimentação possui as seguintes etapas ou blocos:

1. Proteção(fusíveis)
2. Transformador de força
3. Retificação
4. Filtragem
5. Regulação

A proteção é feita com fusíveis que interrompem o circuito durante a ocorrência de sobrecorrente na fonte.

O transformador deve abaixar a tensão ou elevá-la, de acordo com o valor necessário do aparelho a ser alimentado, algumas fontes não possuem este trafo.

O retificador converte CA em CC pulsante.

O sistema de filtragem fornece uma CC constante a partir da CC pulsante.

O circuito de regulação tem por função manter a voltagem de saída num determinado valor. Ele deve compensar automaticamente qualquer alteração de voltagem, a fim de manter a tensão de saída no valor necessário.

O princípio fundamental de funcionamento da fonte chaveada está na capacidade de armazenamento de tensão pelos capacitores e armazenamento de corrente pelos indutores.

São inúmeras as vantagens de uma fonte chaveada. Entre elas, destaca-se o fator Ripple que é de baixa ondulação, sendo necessários capacitores de baixa capacitância.

As fontes chaveadas são divididas em vários tipos: Buck, Boost, Flyback, Cuk, etc...

Em todas as configurações, quando o transistor satura, a energia ($\frac{1}{2} Li^2$) está sendo armazenada pelo indutor através da tensão primária VCC.

Quando o transistor corta, os diodos conduzem a corrente armazenada no indutor, transferindo a potência para a saída.

Quando o transistor conduz, a fonte fornece a corrente para o indutor. Quando o transistor corta, essa corrente é transferida para o capacitor e a carga. Isto é um exemplo do que ocorre no Flyback.

No Flyback, a tensão de saída tem a polaridade oposta à tensão de entrada.

A seguir, estudaremos os principais tipos de fontes chaveadas.

5.1 - Principais tipos de fontes

Buck: As fontes denominadas de conversores Buck são as mais utilizadas atualmente, devido as suas boas características. Seu funcionamento baseia-se no armazenamento da corrente pelo indutor e tem a tensão de saída dependente da amplitude e largura dos pulsos. No Buck a parte alternada da corrente circula pelo capacitor e a parte contínua pelo resistor. Isto faz diminuir a ondulação de tensão. este capacitor em paralelo faz diminuir o Ripple. É muito importante que o valor do capacitor esteja muito bem dimensionado, pois uma pequena variação de valor pode provocar transiente de tensão e consequentemente acionar os circuitos de proteção, gerando problemas na fonte.

De fato, não só o capacitor mais os demais componentes de uma fonte chaveada devem estar bem dimensionados e operar com a menor faixa de tolerância. São os transientes provocados por fuga de valores dos componentes que geram os problemas mais sérios nas fontes chaveadas.

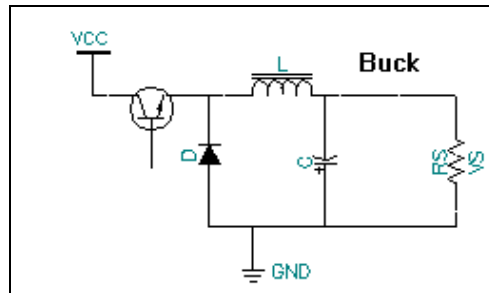


Figura H: Buck

Forward: A fonte tipo forward é um tipo Buck com isolamento através de um transformador de isolamento (relação de espiras 1X1)

Push-pull: Seu funcionamento é o seguinte: Quando um transistor satura, o outro vai para o corte, nesta situação a tensão de entrada é colocada em um dos enrolamentos primários do transformador sendo retificada por um dos diodos. Quando os dois transistores ficarem cortados, dois diodos colocam o secundário em curto, devido ao fato da corrente do indutor circular pelos dois diodos ao mesmo tempo. Assim gera-se pulsos cuja frequência é o dobro da frequência dos pulsos do transformador.

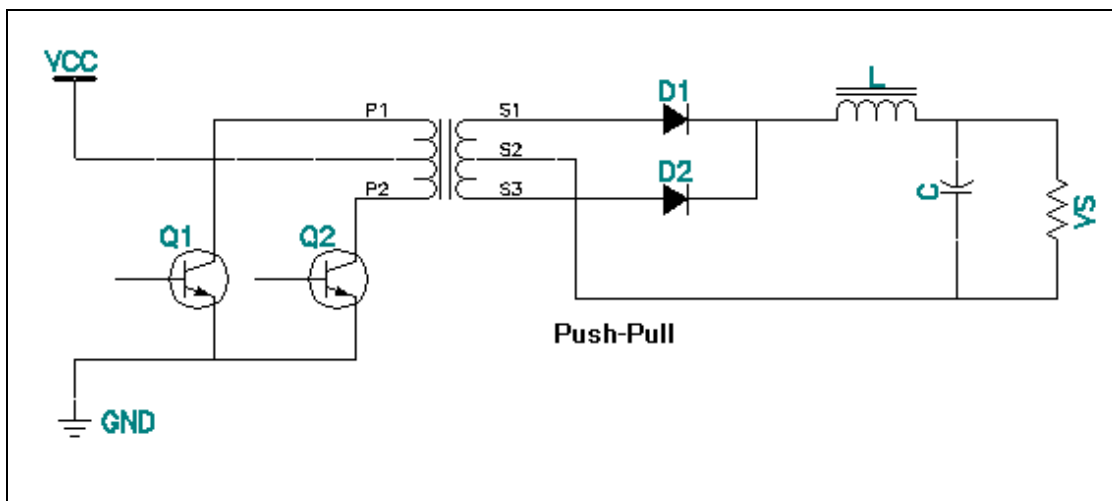


Figura I: Push-pull

Meia ponte: Seu funcionamento é semelhante ao Push-Pull. A vantagem é que ele é de custo mais baixo que o Push-Pull.

Ponte Completa: Este tipo de fonte utiliza um grande número de componentes, o que o torna dispendioso e só é viável seu uso em fontes de mais de 1000 watts de saída.

Flyback: Baseia-se no armazenamento de energia (corrente) no indutor, existindo dois tipos de Flyback: O Flyback de modo contínuo e o de modo descontínuo. No Flyback de modo contínuo (a corrente que circula no condutor nunca chega a zero) não temos uma boa resposta a transientes de corrente. A corrente do indutor aumenta de acordo com o aumento da corrente de magnetização, o que geralmente provoca acréscimos sucessivos dela. O Flyback de modo descontínuo, apesar de ter o mesmo esquema elétrico do modo contínuo, sua corrente no indutor deve sempre chegar a zero.

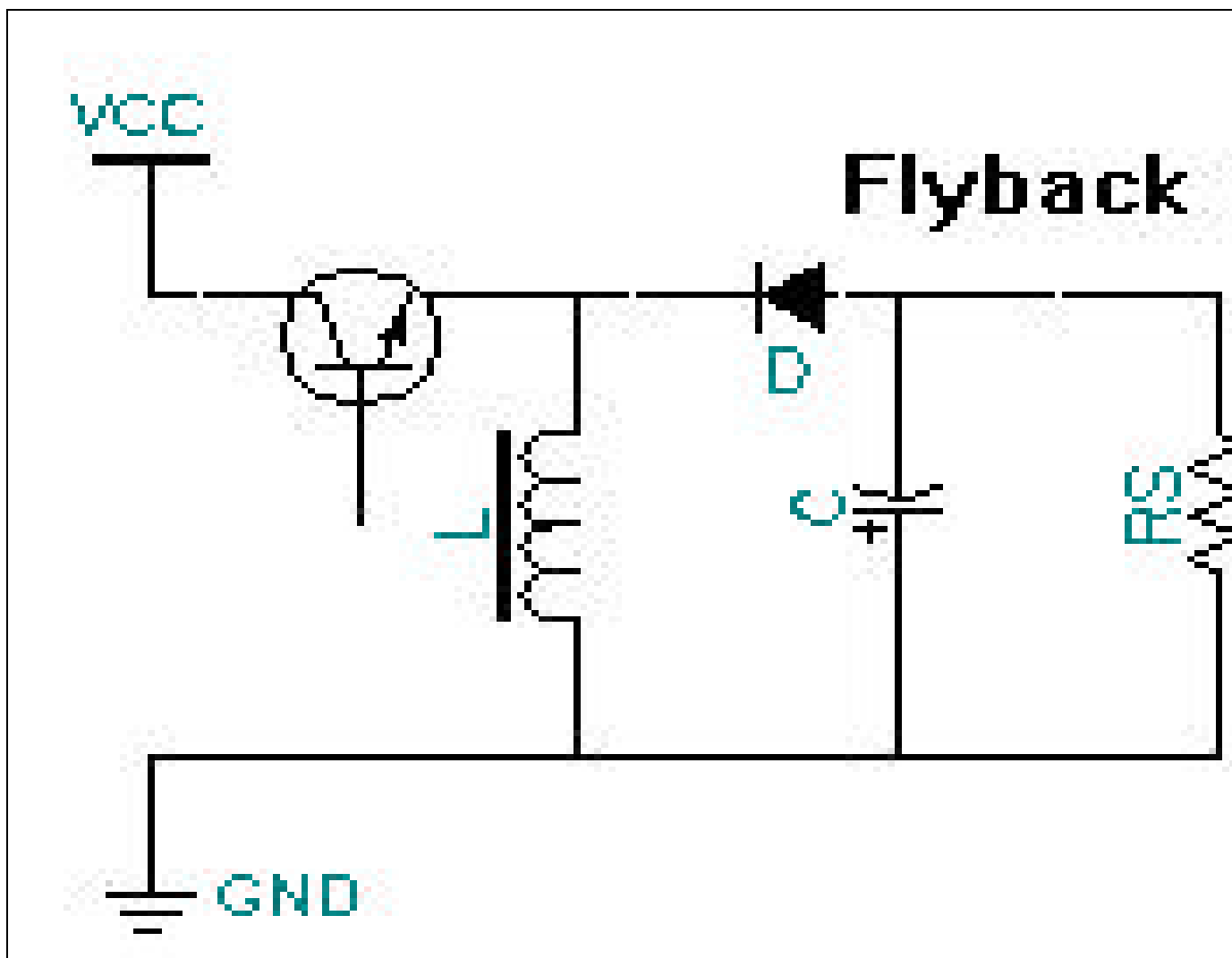


Figura J : Flyback

Boost: A fonte conversora Boost é semelhante ao Flyback. Quando o transistor satura, a corrente circula pelo indutor que armazena corrente para fornecer à carga, quando o transistor entrar no corte.

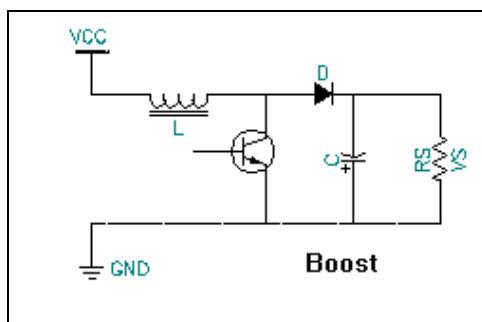


Figura K : Boost

Todas estas fontes chaveadas que acabamos de comentar geram muito ruído, devido as formas de onda serem retangulares, além das harmônicas de altas frequências (são irradiadas através do meio ambiente e pelos cabos). sendo necessário um circuito de filtragem e de controle.

5.2 - Reguladores e Proteção de fontes chaveadas

Uma fonte chaveada pode ser representada por: Uma fonte DC, um interruptor que representa o circuito de chaveamento, o filtro e o circuito de proteção e controle.

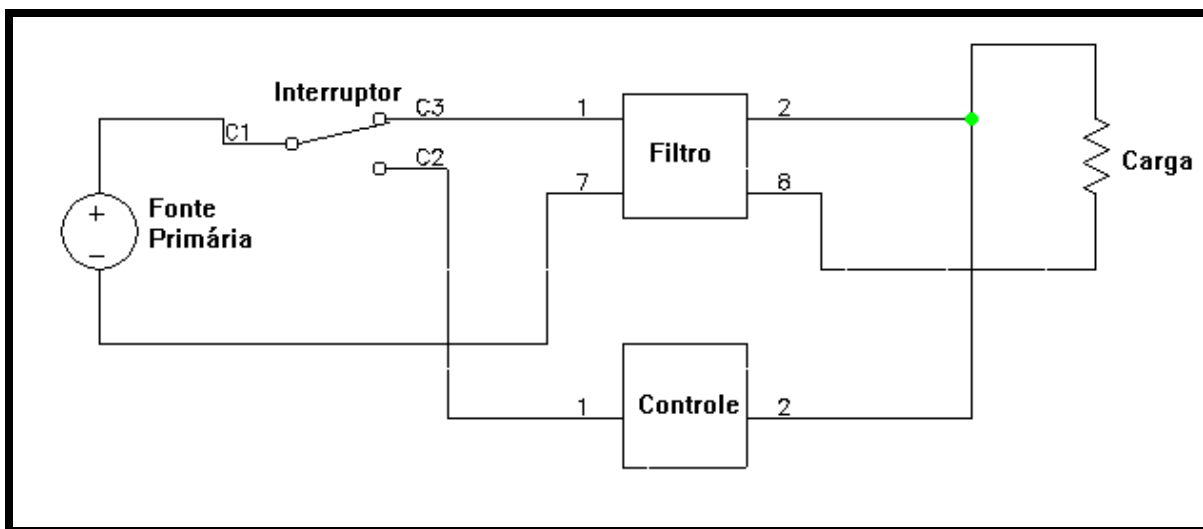


Figura L: Fonte chaveada

O circuito de proteção e controle funciona da seguinte maneira: Ele verifica o nível da corrente de saída e qualquer anormalidade fará atuar sobre a base do transistor oscilador. Este transistor acaba desempenhando o papel de um interruptor.

Numa fonte chaveada, seja qual for o seu tipo, existe uma equação que relaciona em tensões de entrada e saída e que chamamos de função de transferência da conversão. Nestas equações a largura do pulso de chaveamento é o parâmetro que deve variar, para compensar variações das tensões de entrada e saída. Portanto, numa fonte chaveada, o valor da largura de pulso deve ser corrigido continuamente para evitar variações de tensão.

Os circuitos de largura de pulso são conhecidos pelo nome de PWM - (pulse width modulation) sigla do nome em Inglês.

O controle da fonte é determinado pela largura do pulso e é decidido pela relação entre o tempo de condução e o período total. Ele funciona com frequência fixa.

Os filtros são formados por resistores, capacitores e indutores. Portanto, uma fonte de alimentação chaveada é formada por um Loop com realimentação negativa que visa manter constante a tensão de saída (VS)

Este controle também pode ser feito com circuitos digitais. Neste caso ele é chamado de PLL (Phase locked Loop)

5.3 - Circuitos Integrados PWM

Os conversores PWM convertem uma voltagem DC desregulada para uma tensão DC regulada ou variável na saída. A entrada DC normalmente é uma bateria ou pode ser derivada de uma fonte AC monofásico ou trifásica através de um diodo retificador e um capacitor como filtro. Tradicionalmente, os conversores DC-DC PWM são conhecidos como Choppers.

Atualmente, os circuitos de controle de fonte chaveada utilizam circuitos integrados especialmente construídos para este fim estes integrados com técnica PWM são baseados no diagrama em blocos da fig. abaixo:

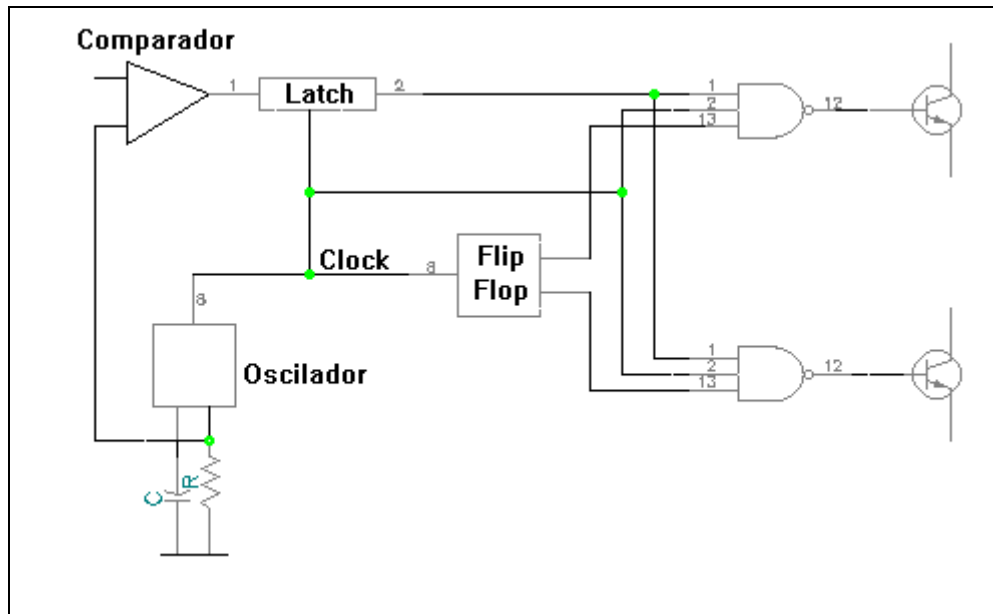


Figura M: Diagrama de Blocos - PWM

O circuito funciona do seguinte modo: O oscilador carrega e descarrega o capacitor entre dois níveis de tensão determinados (zero e V_C). O valor da frequência é dado por R e C . A tensão do capacitor tem a forma de rampa.

Na descarga do capacitor, o oscilador fornece um pulso positivo de curta duração que resseta (limpa) o Latch. Com isto, muda o nível de saída do flip-flop de tal modo que estas ficam inibidas, daí chamado tempo morto.

A função do Latch é a de armazenar o estado do comparador (o latch é, na verdade, um conjunto de células de memória ligados em cascata).

Ao receber um pulso de clock, o latch vai para o estado zero até que a tensão de erro seja menor do que a tensão V_C , quando então passa para nível H (alto) e, mesmo que a tensão de erro aumente de valor, o estado fica armazenado até receber novo impulso de clock.

O Flip-flop garante que somente uma saída fornecerá pulso e isto torna possível a utilização deste circuito em todos os tipos de conversores.

Os circuitos integrados mais comuns que se encontram nas fontes chaveadas são:

- CI 3524: Este CI pode ser usado em qualquer tipo de fonte chaveada e sua frequência pode chegar a 300 KHz e sua tensão máxima é de 40 V.
- TL 494: Circuito integrado bipolar constituído como regulador de tensão perlo sistema PWM.
- UAA 4001: Circuito integrado monolítico regulador de tensão para fontes chaveadas.
- UPC 1394: Circuito integrado bipolar constituído como regulador de tensão para fontes chaveadas no sistema de amplificador de erro por realimentação negativa.

5.4 - Ruído emitido por Fontes Chaveadas

Devido às variações bruscas de correntes que ocorrem no transistor de chaveamento, aparece uma certa irradiação que é emitida pela fonte.

Esta emissão por irradiação gera ruídos que se não forem eliminados, provocam “estragos” no aparelho. Num computador, o ruído da fonte pode apagar todo o conteúdo das memórias RAM.

Em linha gerais, os ruídos da fonte são gerados devido as seguintes causas:

- Pelo transistor de chaveamento: a variação de tensão do coletor gera circulação de corrente.
- Pela capacitância parasita entre a carcaça do transistor e o dissipador.
- Pela capacitância parasita entre primário e secundário de transformador de força.
- Pelos diodos durante sua condução
- Pelos picos de descarga do capacitor.

Para eliminar os problemas de ruídos deve-se seguir as seguintes recomendações:

- Usar placa de circuito impresso de excelente qualidade.
- Menor tamanho possível da placa de circuito integrado.
- Um bom aterramento no circuito.
- Uma blindagem metálica completa da fonte
- Evitar uso de componentes cujos terminais não sejam tratados com anti-oxidação.
- Utilizar filtro de linha

Deve-se evitar fiações enroladas, pois um condutor por onde circula uma corrente “funciona” como antena transmissora de ruído. Este ruído pode ser captado por outro equipamento e interferir no funcionamento. Este é um dado a ser considerado durante uma manutenção.

Até o presente momento foram cumpridas as seguintes fases do projeto:

1) Estudo teórico de dispositivos eletrônicos de Potência.

Estudo detalhado da fonte chaveada.

2) Reengenharia sobre o modelo proposto.

Aferição das ligações do circuito em laboratório.

Criação do esquema eletro-eletrônico da fonte

3) Montagem do protótipo da fonte chaveada.

Testes de laboratório

6 - Referências Bibliográficas

Richard C. Dorf ,The Electrical Engineering Handbook, - IEEE Press - 1993 Pags.
711 a 728

Pierre A. Thollot Power Eletronics Technology and Aplications, - IEEE Update Series
- 1993

Urling, Audrey M.; Niemela, Van A.; Skutt, Glenn R.; Wilson, Thomas G ,
Characterizing High-frequency Effects in Transformer Windings - A guide to several significant
articles, (IEEE Apec Proceeding, March, 1989)

Antunes, Sérgio Roberto; Fonte de alimentação chaveada

Linear Data Book National Semiconductor Corporation

Data Book Motorola DL128 8-c1 rev. 2 “Linear and Interface Integrated circuits”

Anexo 1: Tabelas:

| Nome | valor | nó A, (+), catodo, coletor | Nó B , (-), anodo, emissor | base |
|-----------|----------------|----------------------------|----------------------------|------|
| AC IN | | 27 | 29 | |
| C1 | 330uF 200WV | 3 | 2 | |
| C10 eletr | 4.7uF 50V | 30 | 1 | |
| c11 eletr | 1uF 50V | 37 | 1 | |
| C12 | 103 | 42 | 45 | |
| C13 | .0012K 100JS | 1 | 75 | |
| C14 | 4.7uF 50V | 43 | 1 | |
| C15 | 4.7uF 50V | 80 | 1 | |
| C16 | 103 | 72 | 73 | |
| C17 | 4.7uF 50V | 68 | 69 | |
| C18 | 22uF 16V | 67 | 1 | |
| C2 | 330uF 220WV | 4 | 3 | |
| C20 | 4.7uF 50V | 57 | 1 | |
| C21 | 22uF 16V | 54 | 52 | |
| C22 | 1000uF 16V | 54 | 53 | |
| C23 | 2200uF 16V | 55 | 1 | |
| C24 | 2200uF 16V | 22 | 1 | |
| C25 | 2200uF 16V | 20 | 1 | |
| C26 | 103 | 16 | 21 | |
| C27 | 103 | 17 | 18 | |
| C28 | 102K KV | 6 | 83 | |
| C29 | 4.7uF 50V | 48 | 1 | |
| c3 | 472 z5V 2KV | 1 | 23 | |
| c4 | 472 z5V 2KV | 1 | 24 | |
| C5 | 0.068K 630VCMC | 25 | 26 | |
| C6 | 105K 2E | 3 | 7 | |
| C7 | 1uF 50V | 8 | 9 | |
| C8 | 1uF 50V | 12 | 11 | |
| C9 eletr | 2.2uF 50V | 32 | 1 | |
| D1 | 1N5408 | 23 | 2 | |
| D10 | 1N4148 | 28 | 31 | |
| D11 | PS102R | 34 | 37 | |
| D12 | PS102R | 36 | 37 | |
| d13 | 1N4148 | 1 | 78 | |
| D14 | 1N4148 | 78 | 37 | |
| D15 | 1N4148 | 40 | 76 | |
| D16 | PS102R | 43 | 44 ou 47 | |
| D17 | FR155 MIC | 45 | 49 | |
| D18 | FR155 87 | 46 | 49 | |
| D19 | 1N4148 | 81 | 16 | |
| D2 | 1N5408 | 4 | 23 | |

| | | | | |
|-----------|---------------------|--------------------|------------|------------|
| D20 | 1N4148 | 69 | 67 | |
| D3 | 1N5408 | 24 | 2 | |
| D4 | 1N5408 | 4 | 24 | |
| D5 | FR106 MIC | 4 | 5 | |
| D6 | FR106 MIC | 5 | 2 | |
| D7 | PS 102R | 13 | 8 | |
| D8 | PS 102R | 15 | 12 | |
| D9 | 1N4148 | 30 | 28 | |
| Fio Br.. | -5V | 52 | | |
| Fio Preto | | 54 | | |
| Fusível | 5A 250V | 25 | 27 | |
| I2 | AZUL +12V | 56 | | |
| IC2 | MC7905CT | ponto 2:51 e 53 | ponto 3:52 | ponto 1:54 |
| Idem Q1 | | 19 | 16 | 17 |
| J1 | | 33 | 35 | |
| J6 | ZD3 ???? | 57 | 65 | 57=65 |
| J7 | PG ???? | 62 | 82 | 62=82 |
| JP | | 24 | 24 | |
| L1 | 1 FIO | 23 | 25 | |
| L1 | 1 FIO | 24 | 26 | |
| L2 | 3uH | 20 | 22 | |
| L3 | 103uH | 48 | 51 | |
| L4 | 11uH | 50 | 55 | |
| L5 | 2 FIOS | 19 | 20 | |
| L5 | 1 FIO | 47 | 50 | |
| L5 | 1 FIO | 48 | 49 | |
| L6 Azul | 830uH | 1 | 28 | |
| PG | LARANJA | 82 ou 62 | | |
| PT | 5D-11 GE | 26 | 29 | |
| Q1 | C2555 | 4 | 5 | 14 |
| Q10 | H945 8A | 57 | 1 | 58 |
| Q2 | C2555 | 5 | 2 | 10 |
| Q3 | H945 8A | 33 | 1 | 32 |
| Q4 | H945 8A | 34 | 37 | 38 |
| Q5 | H945 8A | 36 | 37 | 41 |
| Q6 | H945 8A | 67 | 66 ou 59 | 1 |
| Q7 | H945 8A | 63 | 1 | 64 |
| Q8 | H945 8A | 62 | 1 | 63 |
| Q9 | H945 8A | 58 | 1 | 60 |
| R1 | 330E+04 | 2 | 4 | |
| R10 | 4.7 10% | 1 | 31 | |
| R11 | 68E1 10% | 1 | 30 | |
| R12 | 10e2 10% | 1 | 32 | |
| R13 | 10E2 10% | 1 | 38 | |
| R14 | 150E+02 | 35 ou 33 | 40 | |
| R15 | não existe na placa | (não há ligação) | | |

| | | | | |
|----------|-----------|----------|----------|--|
| R16 | 390E+02 | 38 ou 39 | 76 | |
| R17 | 390E+02 | 41 | 76 | |
| R18 | 100E+02 | 41 | 1 | |
| R19 | 650E-00 | 43 | 76 | |
| R2 | 2,2 | 9 | 14 | |
| R20 | 150E-00 | 42 | 46 | |
| R21 | 330E+02 | 1 | 69 | |
| R22 | 200E+03 | 1 | 74 | |
| R23 | 470E+03 | 70 | 73 | |
| R24 | 560E+02 | 68 | 70 | |
| R25 | ARRANCADO | 1 | 70 | |
| R26 | 180E+04 | 1 | 71 | |
| R27 | 560E+02 | 71 | 79 ou 22 | |
| R28 | 200E+02 | 67 | 68 | |
| R29 | 270E+01 | 1 | 66 ou 59 | |
| R3 | 330E+04 | 4 | 9 | |
| R30 | 470E+02 | 61 | 63 | |
| R31 | 100E+02 | 61 | 62 | |
| R32 | 100E+05 | 62 | 64 | |
| R33 | 390E+02 | 56 | 59 | |
| R34 | 270E+02 | 52 | 59 | |
| R35 | 180E+04 | 57 | 61 | |
| R36 | 100E+03 | 58 | 61 | |
| R37 | 220E+02 | 1 | 60 | |
| R38 | 100E+02 | 1 | 80 | |
| R39 | 150E+01 | 80 | 81 | |
| R4 | 270E+02 | 5 | 9 | |
| R40 | 560E+01 | 51 | 55 | |
| R41 | 470E-01 | 18 | 19 | |
| R42 | 470E-01 | 19 | 21 | |
| r43 | 100E+01 | 1 | 20 | |
| R5 | 390E-00 | 9 | 13 | |
| R6 | 2,2 | 10 | 11 | |
| R7 | 330E+04 | 5 | 11 | |
| R8 | 270E+02 | 2 | 11 | |
| R9 | 390E-00 | 11 | 15 | |
| RW1 | 100E+01 | 7 | 83 | |
| RW2 | 100E-01 | 53 | 56 | |
| Sw Azul | TR-64 | 3 | | |
| Sw Marr. | | 24 | | |
| vr | | 1 | | |
| ZD1 | 183 | 30 | 32 | |
| ZD2 | C2 5 | 80 | 60 | |
| ZD3 | C2 3 | 65 ou 57 | 64 | |

| | | | | | |
|------|-------|---------|----|---------|--|
| Nome | valor | pattern | J7 | PG ???? | |
|------|-------|---------|----|---------|--|

| | | |
|-----------|----------------|---------|
| C1 | 330uF 200WV | 500RP |
| C10 eletr | 4.7uF 50V | 1/8 RP |
| c11 eletr | 1uF 50V | 1/8 RP |
| C12 | 103 | 1/4 |
| C13 | .0012K 100JS | 1/4 |
| C14 | 4.7uF 50V | 1/8 RP |
| C15 | 4.7uF 50V | 1/8 RP |
| C16 | 103 | 1/4 |
| C17 | 4.7uF 50V | 1/8 RP |
| C18 | 22uF 16V | 1/8 RP |
| C2 | 330uF 220WV | 1/2 RP |
| C20 | 4.7uF 50V | 1/8 RP |
| C21 | 22uF 16V | 1/8 RP |
| C22 | 1000uF 16V | 1/4 RP |
| C23 | 2200uF 16V | 5/16 RP |
| C24 | 2200uF 16V | 5/16 RP |
| C25 | 2200uF 16V | 5/16 RP |
| C26 | 103 | 3/16 |
| C27 | 103 | 3/16 |
| C28 | 102K KV | 1/4 |
| C29 | 4.7uF 50V | 1/8 RP |
| c3 | 472 z5V 2KV | 5/16 |
| c4 | 472 z5V 2KV | 5/16 |
| C5 | 0.068K 630VCMC | 5/8 |
| C6 | 105K 2E | 13/16 |
| C7 | 1uF 50V | 1/8 RP |
| C8 | 1uF 50V | 1/8 RP |
| C9 eletr | 2.2uF 50V | 1/8 RP |
| D1 | 1N5408 | 7/16 |
| D10 | 1N4148 | 7/16 |
| D11 | PS102R | 7/16 |
| D12 | PS102R | 7/16 |
| d13 | 1N4148 | 7/16 |
| D14 | 1N4148 | 7/16 |
| D15 | 1N4148 | 7/16 |
| D16 | PS102R | 7/16 |
| D17 | FR155 MIC | 7/16 |
| D18 | FR155 87 | 7/16 |
| D19 | 1N4148 | 7/16 |
| D2 | 1N5408 | 7/16 |
| D20 | 1N4148 | 7/16 |
| D3 | 1N5408 | 7/16 |
| D4 | 1N5408 | 7/16 |
| D5 | FR106 MIC | 7/16 |
| D6 | FR106 MIC | 7/16 |
| D7 | PS 102R | 7/16 |

| | | |
|---------|--------------------|-------------|
| L1 | 1 FIO | |
| L1 | 1 FIO | |
| L2 | 3uH | |
| L3 | 103uH | |
| L4 | 11uH | |
| L5 | 2 FIOS | |
| L5 | 1 FIO | |
| L5 | 1 FIO | |
| L6 AZUL | 830uH | |
| PG | LARANJA | |
| PT | 5D-11 GE | |
| Q1 | C2555 | |
| Q10 | H945 8A | TO-92 (BCE) |
| Q2 | C2555 | |
| Q3 | H945 8A | TO-92 (BCE) |
| Q4 | H945 8A | TO-92 (BCE) |
| Q5 | H945 8A | TO-92 (BCE) |
| Q6 | H945 8A | TO-92 (BCE) |
| Q7 | H945 8A | TO-92 (BCE) |
| Q8 | H945 8A | TO-92 (BCE) |
| Q9 | H945 8A | TO-92 (BCE) |
| R1 | 330000 | 9/16 |
| R10 | 4.7 10% | 7/16 |
| R11 | 68E1 10% | 7/16 |
| R12 | 10e2 10% | 7/16 |
| R13 | 10E2 10% | 7/16 |
| R14 | 1500 | 7/16 |
| R15 | Não existe ligação | |
| R16 | 3900 | 7/16 |
| R17 | 3900 | 7/16 |
| R18 | 1000 | 7/16 |
| R19 | 65 | 7/16 |
| R2 | 2,2 | 1/2 |
| R20 | 15 | 1/2 |
| R21 | 3300 | 7/16 |
| R22 | 20000 | 7/16 |
| R23 | 47000 | 7/16 |
| R24 | 5600 | 7/16 |
| R25 | Arrancado | 7/16 |
| R26 | 180000 | 7/16 |
| R27 | 5600 | 7/16 |
| R28 | 2000 | 7/16 |
| R29 | 270 | 7/16 |
| R3 | 330000 | 1/2 |
| R30 | 4700 | 7/16 |
| R31 | 1000 | 7/16 |

| | | |
|-----------|--------------|------|
| D8 | PS 102R | 7/16 |
| D9 | 1N4148 | 7/16 |
| Fio Br.. | -5V | |
| Fio Preto | | |
| Fusível | 5A 250V | 1/2 |
| I2 | AZUL +12V | |
| IC2 | MC7905CT | |
| Idem Q1 | | |
| J6 | ZD3 ???? | |
| R40 | 560 | 1/2 |
| R41 | 4,7 | 1/2 |
| R42 | 4,7 | 1/2 |
| r43 | 100 | 1/ |
| R5 | 39 | 7/16 |
| R6 | 2,2 | 1/2 |
| R7 | 330000 | 1/2 |
| RW1 | 100 | 1/4 |
| IC1 | TL 494CN 809 | |
| DF MET. | 8NFR302 | |

| | | |
|----------|---------|------|
| R32 | 1000000 | 7/16 |
| R33 | 3900 | 7/16 |
| R34 | 2700 | 7/16 |
| R35 | 180000 | 7/16 |
| R36 | 10000 | 7/16 |
| R37 | 2200 | 7/16 |
| R38 | 1000 | 7/16 |
| R39 | 150 | 7/16 |
| R4 | 2700 | 7/16 |
| RW2 | 1 | 1/4 |
| R8 | 2700 | 7/16 |
| R9 | 39 | 7/16 |
| Sw Azul | TR-64 | |
| Sw Marr. | | |
| vr | | |
| ZD1 | 183 | 7/16 |
| ZD2 | C2 5 | 7/16 |
| ZD3 | C2 3 | 7/16 |
| | | |

| NOME | MODELO | PERNA | NÓ |
|------|-----------------|-------------|---------|
| T1 | | 1 | 2 |
| | | 2 | 12 |
| | | 3 | 8 |
| | | 4 | 5 |
| | | 5 | NÃO TEM |
| | | 6 | 36 |
| | | 7 | 35=33 |
| | | 8 | 34 |
| | | fio externo | 6 |
| T2 | | 1 | 7 |
| | | 2 | 6 |
| | | 3 | 46 |
| | | 4 | 45 |
| | | 5 | 16 |
| | | 6 | 16 |
| | | 7 | 17 |
| | | 8 | 17 |
| | | fio externo | 1 |
| IC1 | TL494CN 809 XB+ | 1 | 71 |
| | | 2 | 70 |
| | | 3 | 72 |
| | | 4 | 69 |
| | | 5 | 75 |
| | | 6 | 74 |
| | | 7 | 1(gnd) |

| | | | |
|--|---------|--|----------------|
| | | 8 | 41 |
| | | 9 | 1 |
| | | 10 | 1 |
| | | 11 | 77 ou 39 ou 38 |
| | | 12 | 76(vcc) |
| | | 13 | 68 |
| | | 14 | 68 |
| | | 15 | 68 |
| | | 16 | 1 |
| DF METAL | 8NFR302 | A base de metal está conectada aos nós 44 e 47 e temos dois diodos em paralelo sendo os anodos de cada um ligado aos nós 45 e 46 | |
| obs: 1) A pattern dos transistores H945 8A foi chamada de to-92(bce) | | | |
| 2)A pattern de T1 e chamada de trafo1 e de T2 chamada de trafo2 | | | |