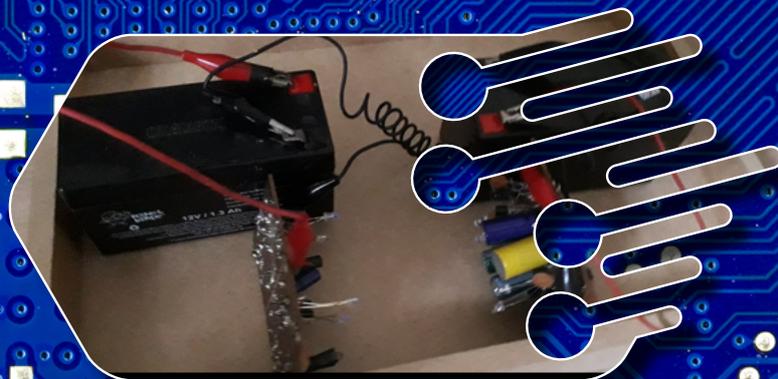


revista
INCBELETRÔNICA

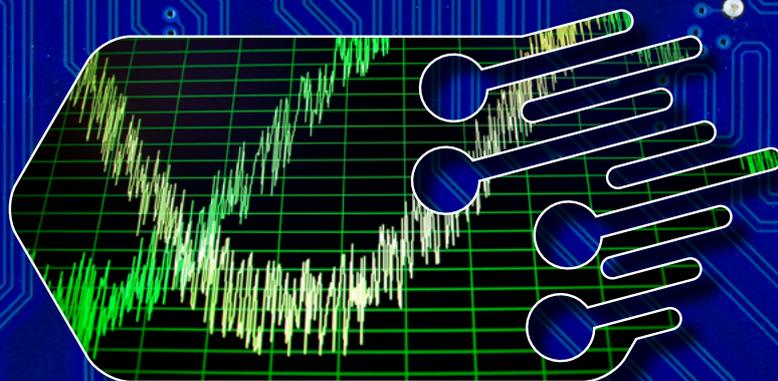
**SINCRONIZAÇÃO
FOTÔNICA DE
OSCILADORES ESAKI**



**CONTADOR DE
PULSOS COM
LORAWAN**



**ENTENDA TODAS
AS CLASSES DE
AMPLIFICAÇÃO**



Entregando mais

A mais ampla seleção de semicondutores e componentes eletrônicos em estoque e prontos para envio™



[mouser.com](https://www.mouser.com)



EXPEDIENTE

Revista INCB Eletronica

Revista do Instituto Newton C. Braga

Ano 2 – Edição nº 14 - 2023

Editor Administrativo

Newton C. Braga (CEO)

Editor Técnico

MSc. Eng. Prof. Antonio Carlos Gasparetti

Produção

Renato Paiotti

Produção Gráfica

Wilson Caruso Junior - @wcjrdesign

Atendimento ao leitor

leitor@newtoncbraga.com.br

Atendimento ao cliente

publicidade@newtoncbraga.com.br

Jornalista Responsável

Marcelo Lima Braga

MTB 0064610SP

Colaboradores

Alexandre José Nário

Antonio Carlos Gasparetti

Luis Carlos Burgos

Newton C. Braga

Pedro Betoletti

Renato Paiotti

Vander da Silva Gonçalves

Wagner Rambo

Não é permitida a reprodução das matérias publicadas sem previa autorização dos editores. Não nos responsabilizamos pelo uso indevido do conteúdo de nossos artigos ou projetos.

Nº 14
JAN/FEV
2023



ÍNDICE

DICAS

06 ClickBoard da Microe

EXTRAS

08 Noticias e Componentes

12 Fichas de Service

MONTAGENS

14 Carga de Bancada - Parte I

18 Sincronização Fotônica de Osciladores Esaki

INSTRUMENTAÇÃO

24 A função NCV dos Multímetros modernos

28 Termometria - O que é emissividade

INTERNET DAS COISAS - IOT

32 Módulos LoRaWAN com abordagem no-code

36 Contador de pulsos com LoRaWAN

SERVICE E REPARAÇÃO

44 Testes de Tensão na Fonte do Minisystem FWP2000

LANÇAMENTOS

48 Autenticador de Segurança de EEPROM MAX66250

50 Materiais absorvedores de EMI

TECNOLOGIAS

54 Entenda todas as Classes de Amplificação



Antonio Carlos Gasparetti

EDITORIAL

Prezados leitores,

bem-vindos a revista INCB - Eletrônica nº 14!

Neste número, que inicia 2023 temos mais uma edição rica em assuntos interessantes.

Em **Notícias e Componentes** a criatividade e a tecnologia continuam evoluindo: Toca discos vertical, mais um componente quântico – O FET de tunelamento, Sistema anticolisão baseado no cérebro de insetos Coágulos no sangue eliminados por ultrassons, Diodo Laser Coerente, Módulo de potência do conversor síncrono Buck TPSM33625, Clock em tempo real de potência ultrabaixa MAX31334.

Na seção de **Lançamentos**, temos o Autenticador de Segurança de EEPROM MAX66250 e Materiais absorvedores de EMI.

Para os **desenvolvedores** o ClickBoard da Microe, uma ferramenta muito útil!

Cobrimo o assunto sobre instrumentação falamos sobre a função NCV dos Multímetros modernos e conceitos sobre emissividade em termometria.

Em **Internet das Coisas** - IoT mais conhecimentos no mundo IoT, os Módulos LoRaWAN com abordagem no-code e o Contador de pulsos com LoRaWAN.

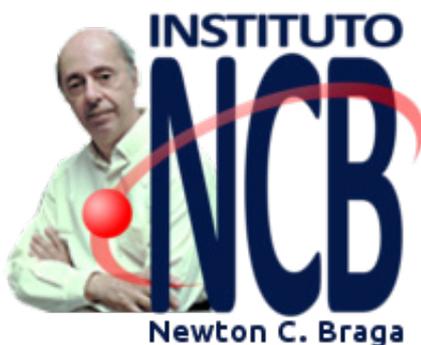
Nas **Montagens**, seguimos expandindo o assunto de sincronização de osciladores Esaki agora com meio fotônico, como uma forma de observar o comportamento de osciladores e suas interações, uma aplicação didática em pesquisa nas áreas de Física e Eletrônica! Temos também uma excelente montagem prática e muito útil em bancada, a Carga de Bancada.

Em **Service e Reparação**, indispensáveis artigos sobre Testes de Tensão na Fonte do Minisystem FWP2000 e as fichas de reparação

Em **Tecnologias** na área de áudio, falamos das classes de amplificadores, mais conhecimentos para você leitor!

Desejo a todos boa leitura convidando-os a participarem da construção desta fantástica revista!

Forte Abraço!



EDITORIAL II

Mais uma edição da Revista INCB Eletrônica chega até vocês com assuntos que certamente serão tanto do seu agrado como também de utilidade. Um tema que destacamos nesta edição vem justamente da observação do que está ocorrendo no nosso mundo nesses tempos, principalmente no mundo da ciência e tecnologia. Saindo de uma pandemia, ainda diante de muitas turbulências políticas, observamos uma grande desorientação e incerteza de todos em relação ao futuro. O que vou fazer agora? Qual é o melhor ramo de atividade? O que devo estudar? Como serão as profissões do futuro? Estamos vivendo uma era de transformações e sobrevive a elas quem consegue colocar em prática

alguns princípios importantes e um deles é a inovação. Precisamos, não apenas mudar, mas inovar. As grandes transformações estão ocorrendo e todos nós precisamos levar em conta no nosso campo de atividade: a eletrônica. Está chegando a eletrônica quântica, novas abordagens no comércio e marketing, novas necessidades e novas fontes de energia e muito mais. Levamos em conta isso ao escolher nosso artigo. Nesta edição procuramos atender a todos, inovando no sentido de que o futuro é analisado, o presente não é esquecido e o passado serve como referência. Mais uma edição que, certamente agora e no futuro vai lhe ter utilidade.

NEWTON C. BRAGA

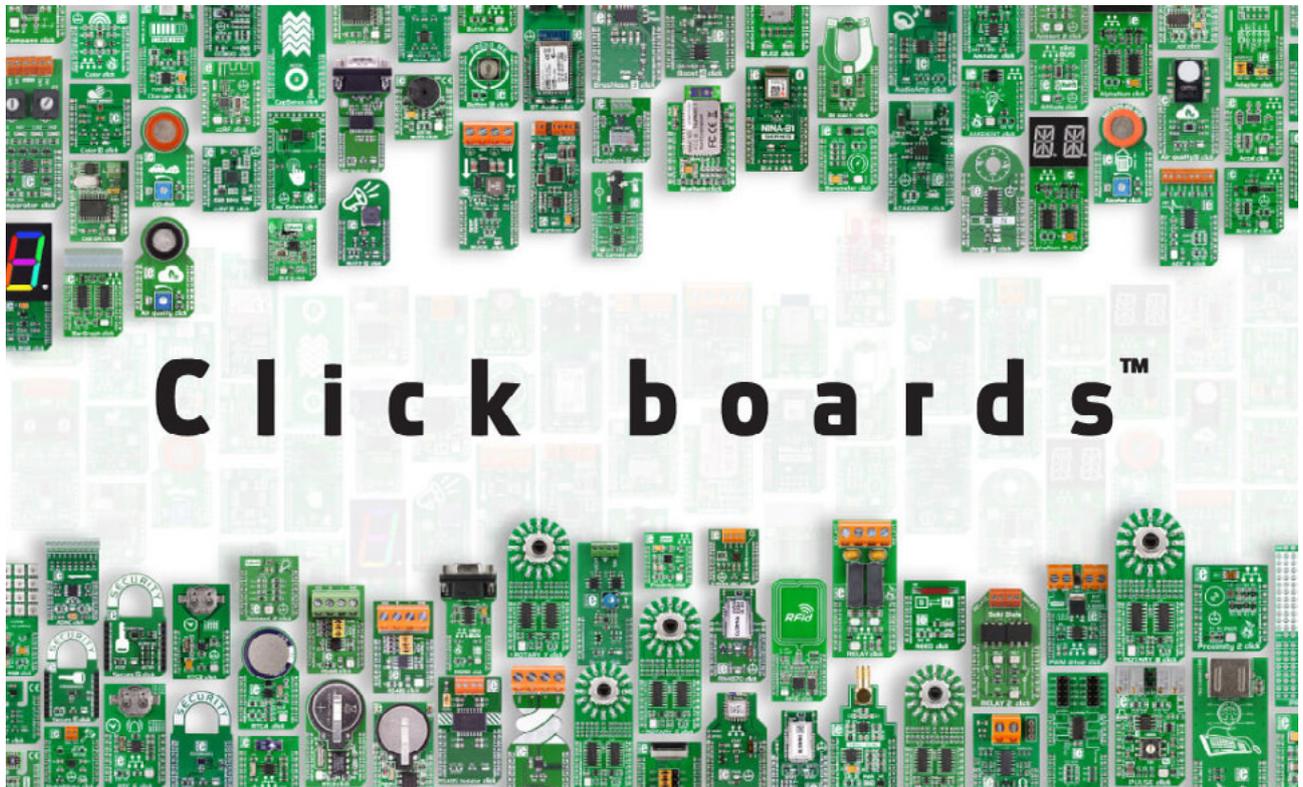
APRENDA ELETRÔNICA



No formato
Impresso e e-Book

newtoncbraga.com.br/livros





CLICKBOARD DA MICROE

≡ Renato Paiotti

Um dos sonhos de qualquer desenvolvedor é ganhar tempo no desenvolvimento de qualquer projeto, isso inclui ganhar tempo na hora de montar o projeto na matriz de contato, solda ou nos jumpers. Porém muitos problemas podem acontecer e cometer erros nas ligações, tanto na matriz como nos jumpers, ou dessoldar componentes com defeitos desanima até os mais pacientes. Pensando neste tipo de problema a Microe desenvolveu a linha ClickBoard, onde diversos módulos e até mesmo simples componentes podem ser “plugados” entre si, sem a necessidade de soldas ou matrizes, apenas se conectando pelo padrão microBus.

Na figura 1 temos algumas das mais de 1300 placas desenvolvidas por eles, onde é possível ver as duas fileiras de conectores, com a pinagem padrão para todas elas, ou melhor dizendo, para o padrão microBus.

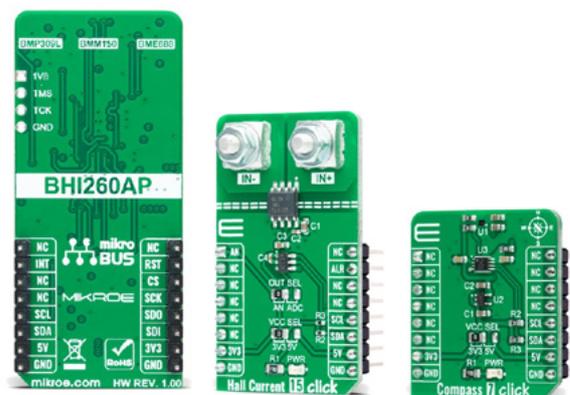


Figura 1 – Algumas placas da linha ClickBoard da Microe

A própria Microe possui em sua linha de produtos, algumas placas de desenvolvimento mais elaboradas, onde o projetista pode programar e testar os seus microcontroladores, EEPROMs, etc.

Na figura 2 temos algumas placas de desenvolvimento com o barramento microBus para “plugar” todas as placas da linha Click.

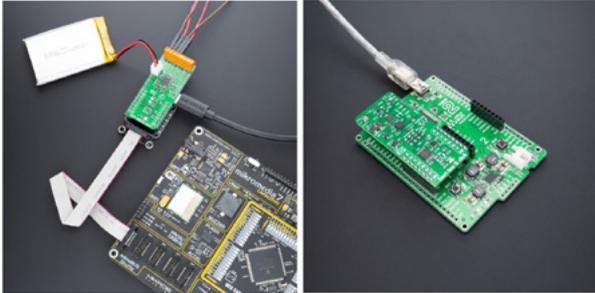


Figura 2 – Placas de desenvolvimento da linha Click

Com diversos microcontroladores diferentes no catálogo de produtos, a Microe criou a ferramenta CODEGRIP para o projetista gravar seus códigos. Alguns CODEGRIP podem programar e realizar o debugger de diversos tipos de MCUs, porém não todos, o que pode ser necessário ter alguns CODEGRIPs na bancada do técnico que adote a família ClickBoard. Para a linha PIC, por exemplo, eles possuem também o microPROG. Na figura 3 temos o aspecto do CODEGRIP.



Figura 3 – Caixa padrão da Microe

KITS PARA MCUS

Para aqueles que desejam aprender ou ensinar programação para microcontroladores, a Microe criou uma série de Starter kits com diversos MCUs, que vai desde do 8051 até os STMs, mas a maioria deles é para os diversos tipos de PICs.

Para aqueles que desejam ter um kit para o desenvolvimento de diversos projetos, eles também possuem kits mais elaborados, que já vem com diversos periféricos interessantes. Na figura 4 temos uma foto do kit para o 8051.



Figura 4 – Kit de desenvolvimento do 8051

CONCLUSÃO

A ideia ou solução apresentada pela Microe é bem interessante, pois com a ideia na cabeça, é possível modular o projeto e juntar e montar as placas necessárias para realizar os testes, e se precisar mudar algo é só trocar a placa daquele módulo que não funcionou adequadamente e “Clicar” uma nova no lugar.

Com mais de 1300 placas é possível encontrar os mais diversos componentes, sensores, antenas e drivers de diversos tipos de fabricantes. Recomendo acessarem o link do qr-code para você ter uma ideia do que eles têm “soldado” nas placas da família Click e quando desenvolver o próximo projeto, ter em mente o que essa linha pode ajudar.

REFERÊNCIAS

<https://www.mikroe.com/click-boards>





NOTÍCIAS E COMPONENTES

Clique ou fotografe os QRCode para mais detalhes

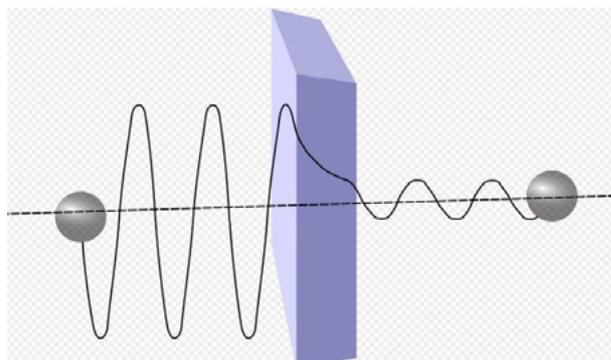


Toca-discos vertical

Com a volta da moda do vinil, além de desenhos tradicionais antigos também temos a criatividade em ação, principalmente tratando dos tipos pouco comuns. Até mesmo chegamos a noticiar um toca-discos num primeiro de abril em que o disco fica parado e a agulha com o captador se move num carrinho robótico que gira sobre o disco. Mas, os tipos verticais também se tornaram comuns e hoje com as tecnologias que temos, bastante precisas, é possível coisas como a noticiada. Trata-se do VS-01 da Cool Geek que, pelo seu desenho é algo cobiçado por muitos dos nossos seguidores. A empresa que o fabrica é de Hong Kong denominando-o



CS-01 all-in-one music sistem. O sistema tem dois tweeters de 5W e alto-falantes de 30W e conexão Bluetooth o que permite a escuta através de fones. O preço sugerido é de 599 dólares devendo estar disponível em breve pois a empresa ainda está em formação.



Mais um componente quântico – O FET de tunelamento

Um novo componente quântico está chegando, o FET de tunelamento que já estaria pronto para ser usado em circuitos reais. Temos constantemente falado nesta seção de novos componentes quânticos que podem logo estar disponíveis para aplicações reais, como os diodos túnel e outros de que já dispomos para usar em nossos circuitos. No caso, a notícia vem da Universidade da Pensilvânia onde pesquisadores conseguiram desenvolver um transistor de efeito de campo (FET) baseado no tunelamento quântico. A tecnologia aplicada ao transistor permite obter um dispositivo com uma energia extremamente baixa para a comutação. Conforme sugere a ilustração do site original da notícia, os elétrons poderiam ultrapassar uma barreira de potencial praticamente sem despendar energia. O novo componente, denominado TFET que já conseguiu ter um protótipo com aplicações práticas.

≡ NOTÍCIAS

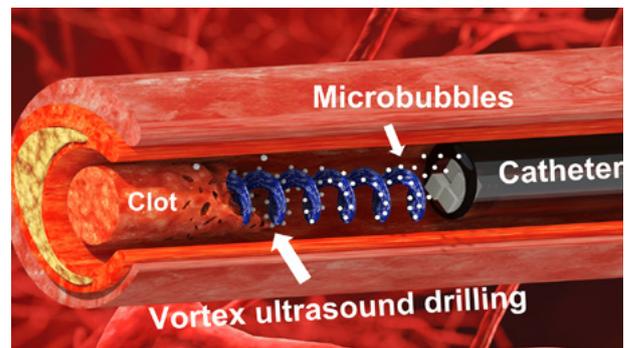


Sistema anticolisão baseado no cérebro de insetos

De que modo insetos, peixes e outros animais movimentando-se em grande quantidade o fazem em sincronismo e sem colidir? Como um enxame de abelhas, com milhares de insetos voa, aparentemente sem ordem e não ocorrem colisões? Baseados no estudo deste comportamento do mundo animal, pesquisadores da Universidade do Estado da Pensilvânia desenvolveram um sistema simples, pequeno com base no processamento óptico que o cérebro dos insetos faz. O sistema que tem por base o LIDAR, mas é extremamente compacto sendo baseado nos circuitos neurais de insetos. A pesquisa resultou no desenvolvimento de um sensor com 8 fototransistores fotossensíveis que podem memorizar impulsos. Cada transistor mede apenas 40 μm^2 obtendo-se com isso um tempo de processamento tão



pequeno, milhares de vezes menor do que o necessário para se obter um sistema anticolisão eficiente. Testado em veículos, o sistema foi capaz de prever uma colisão 3 segundos antes do que ela poderia ocorrer.

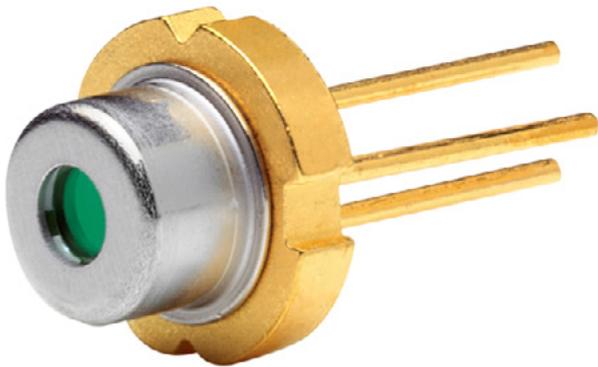


Coágulos no sangue eliminados por ultrassons

Uma das aplicações mais conhecidas dos ultrassons é na limpeza. O efeito da cavitação faz com que surjam microbolhas nas cavidades sujas, expulsando a sujeira. Mas, a descoberta de que esse efeito pode ser usado para romper coágulos mostra que não há limites para as aplicações dessas vibrações mecânicas de alta frequência. A ideia é aplicar um ultrassom “torcido”, ou seja, um ultrassom aplicado por um cateter girante, conforme mostra a ilustração. O processo foi desenvolvido por pesquisadores da Universidade do Estado da Carolina do Norte. O processo foi especialmente desenvolvido para remover uma espécie de coágulos conhecidos como coágulos de trombose do seio venoso cerebral (CVST). Estes se formam nas veias que normalmente permitem que o sangue seja drenado do cérebro. Quando essas veias são bloqueadas, a pressão sanguínea no cérebro aumenta, a ponto de ocorrer uma hemorragia potencialmente letal ou incapacitante.

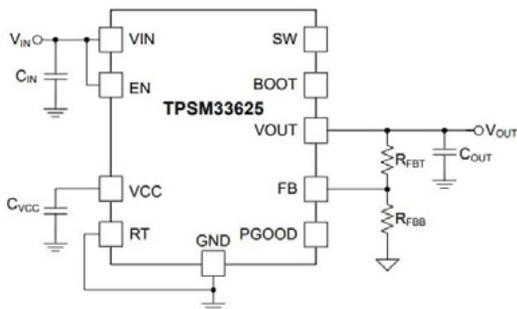


Clique ou fotografe os QRCode para mais detalhes



Diodo Laser Coerente II-VI ST905A13 - Finisar

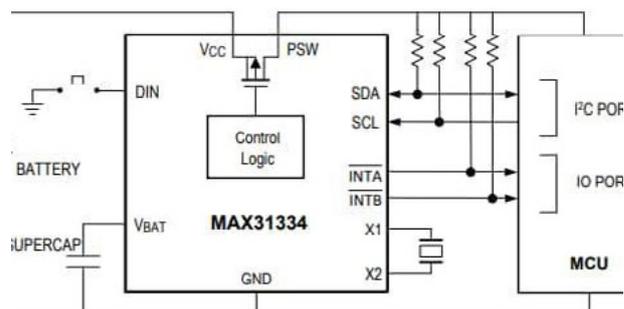
O Diodo Laser II-VI Coerente ST905A13 foi projetado para fornecer uma potência de saída óptica de pico de 95 W (típico) no comprimento de onda de 905 nm. Este diodo laser é construído com uma estrutura epitaxial de junção tripla altamente confiável e com uma área de emissão de 200µm x 10µm. O diodo ST905A13 apresenta uma operação de pulso curto de até 100ns com um ciclo de trabalho de 0,1%. Este diodo laser é idealmente usado como fonte para aplicações de detecção e variação de luz (LiDAR) de última geração nos campos automotivo, industrial e de consumo. O diodo laser ST905A13 é compatível com RoHS e vem em uma embalagem de lata de metal TO-56.



Texas Instruments - Módulo de potência do conversor síncrono Buck TPSM33625

O Texas Instruments TPSM33625 Synchronous Buck Converter Power Module é um módulo de alimentação

DC/DC síncrono de 2,5 A, 36 V de entrada em um pacote QFN compacto de 3,5 mm x 4,5 mm x 2 mm e 11 pinos. O TPSM33625 incorpora encapsulamento flip chip on lead (FCOL), MOSFETs de potência e um indutor e capacitor de inicialização integrados. O TPSM33625 pode ser configurado para saída de 1 V até 15 V com um divisor de feedback e operado. O módulo de energia TI TPSM33625 foi intencionalmente projetado para atender aos requisitos de baixa energia em espera para aplicações industriais sempre ligadas.



Clock em tempo real de potência ultrabaixa MAX31334 – Maxim Integrated

O Maxim Integrated MAX31334 Ultra-Low-Power Real Time Clock é uma solução de manutenção do tempo que consome 70nA de corrente. O MAX31334 oferece um comutador de passagem de energia integrado de alta potência que permite modos ociosos de ultrabaixo consumo de energia em aplicativos com ciclo de trabalho desconectando a energia de outros dispositivos no sistema. As durações de liga/desliga podem ser controladas por fontes de interrupção periódica, incluindo um cronômetro de contagem regressiva (programável de 100ms a 1h) e alarmes (resolução de 1s). A chave liga/desliga também pode ser controlada por uma interrupção externa (a partir de um botão, por exemplo) no pino DIN. O MAX31334 facilita uma ampla gama de cristais com qualquer especificação de carregamento (CL), o que amplia o conjunto de cristais utilizáveis. Uma interface serial I2C conecta o

COMPONENTES

dispositivo. Uma função de reinicialização de inicialização integrada fornece status de registro padrão determinístico na inicialização.

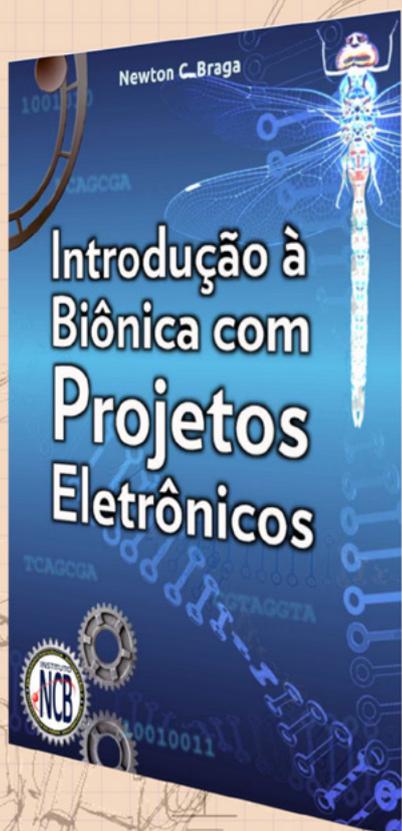


Antenas Molex Sunshade 5 em 1

As antenas Molex Sunshade 5 em 1 (5G MIMO*2/Wi-Fi MIMO*2/GNSS) oferecem funcionalidades celulares LTE/5G de banda completa, Wi-Fi® e GNSS, uma classificação IP67 e fácil montagem. Esses principais recursos tornam a série Sunshade 5 em 1 ideal para aplicações comerciais avançadas de veículos e sem fio. As antenas de baixo perfil são construídas com material plástico de alta qualidade e se encaixam com plugues de cabo reto SMA (fêmea). A série oferece flexibilidade de design com dois estilos de montagem. A antena 220573-1000 possui uma porca para uso na parte superior ou no gabinete do teto do veículo, e a 219264-0001 possui adesivo na parte



traseira para montagem em qualquer tipo de superfície. As antenas Molex Sunshade 5 em 1 apresentam dimensões de 95 mm x 95 mm x 38 mm e uma faixa de temperatura operacional de -40 ° C a + 85 ° C.



Introdução à Biônica com Projetos Eletrônicos

Esta obra é uma introdução ao estudo da biônica (biologia + Engenharia Mecânica e Eletrônica) utilizando projetos eletrônicos práticos. Com a finalidade de ajudar um pouco os que desejam entrar de uma forma mais intensa neste maravilhoso campo das aplicações tecnológicas linkadas aos seres vivos este livro trás uma coletânea de artigos e textos importantes, selecionados numa ordem lógica, com o único objetivo de introduzir esta ciência aos estudantes e professores que desejam preparar um curso e profissionais, como também os makers que pretendem criar um produto de uma tecnologia totalmente nova quer seja para uma aplicação agropecuária, para colocar em pets, ou mesmo para usar num vestível ou num objeto de uso humano ou animal conectado à Internet.

e-Books ou Impresso
Clique ou Fotografe o QR-Code



Ficha: 053	Defeito: Não liga
Marca: LG	Aparelho/Modelo: Mini System CM4440
Autor: Alexandre J. Nário	

Diante do problema apresentado, iniciei minhas análises pela fonte de alimentação, mais especificamente no conector CN901, responsável por distribuir as tensões para o restante do aparelho. A tensão DC +12V no pino 6 do CN901 estava ausente. Verificando a malha que apresentou problemas no terminal 1 (input) do integrado IC931 existia tensão de forma normal, mas no terminal 2 (output) ela estava nula. O IC931 (KIA78R12) é um integrado regulador de tensão +12V com controle on/off externo. Testei os componentes em torno do IC931 e não encontrando nada de anormal, fiz a sua substituição, e com isso, o aparelho voltou a funcionar normalmente.

Ficha: 055	Defeito: Às vezes liga após várias tentativas
Marca: Sony	Aparelho/Modelo: TV LED KDL-46EX720
Autor: Alexandre J. Nário	

Segundo relato do cliente, as vezes o televisor funcionava após várias tentativas ao mexe no cabo de alimentação. Abri o aparelho, fiz uma meticolosa análise visual em busca de mau contato ou solda fria, mas tudo aparentava normalidade. Ao bater levemente com o cabo da chave de fenda sobre os resistores SMD R6537 e R6538 (ambos de 2MΩ) o televisor ligava. Refiz a solda na região suspeita, mas o defeito persistiu. Com o auxílio de uma lupa encontrei o resistor SMD R6537 trincado. Feita a sua troca, a intermitência desapareceu.

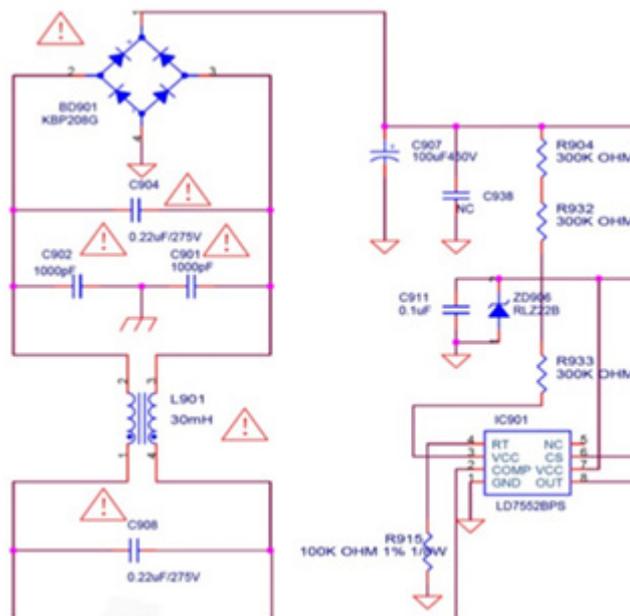
Ficha: 054 **Defeito:** Totalmente Inoperante

Marca: AOC

Aparelho/Modelo: Monitor LCD 1619SWA

Autor: Alexandre J. Nário

Após alimentar o aparelho, verifiquei que as tensões não estavam presentes no secundário da fonte e o primário não oscilava. Comecei as análises testando o primário da fonte, pelos componentes em que circulam correntes elevadas. Nada de anormal foi encontrado. O circuito de partida dessa fonte é formado pelos resistores R904, R932 e R933 que alimenta o integrado IC901 (oscilador de PWM), responsável por iniciar o funcionamento de todo o aparelho. Ao testar os resistores, encontrei R904 (300kΩ) aberto. O monitor voltou a funcionar normalmente com a troca do resistor R904, atestando que a falta de alimentação no terminal 3 do IC901 ocasionou o defeito.



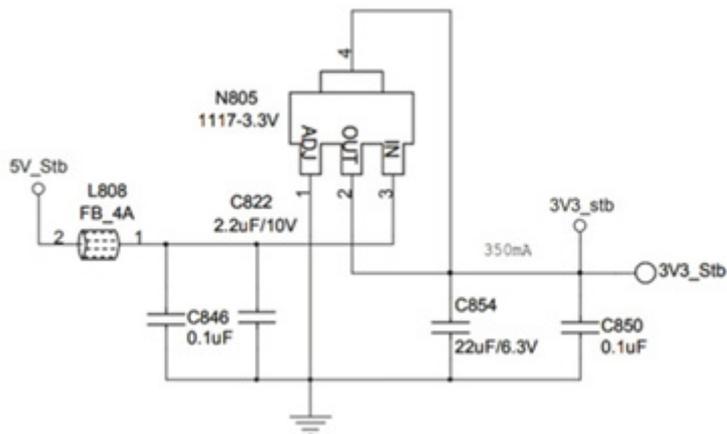
Ficha: 056 **Defeito:** Desligando após alguns minutos

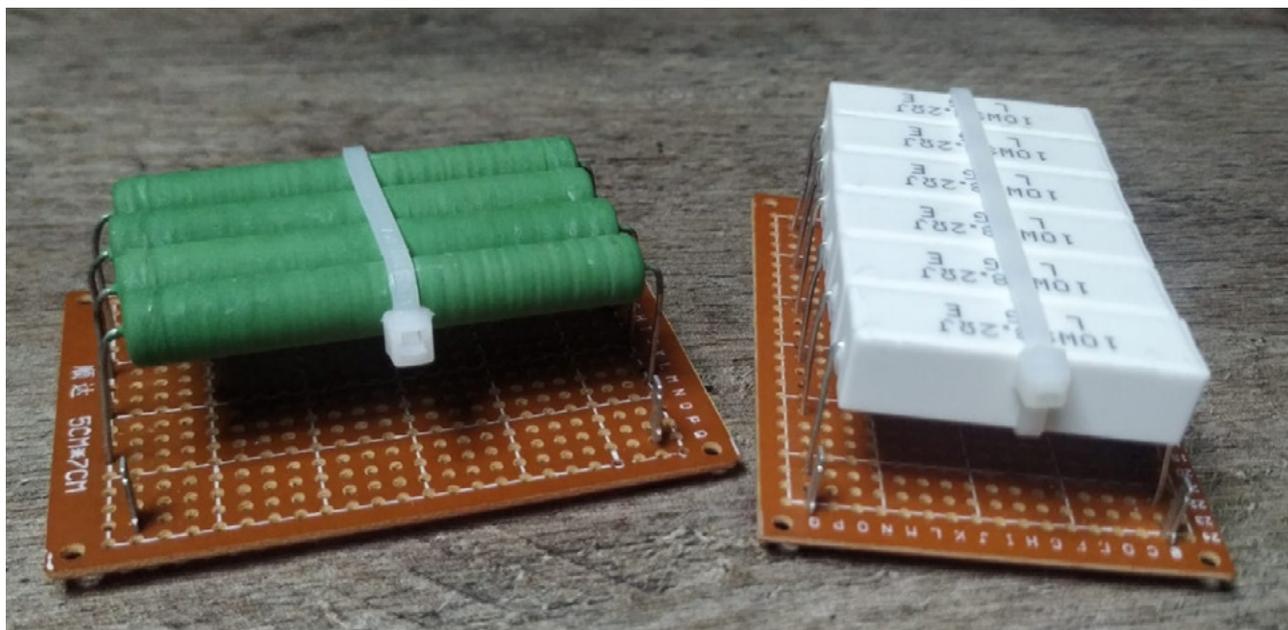
Marca: Semp Toshiba

Aparelho/Modelo: TV LED DL3253

Autor: Alexandre J. Nário

Ao pressionar a tecla Power, o aparelho ligava, aparecia a logomarca, imagem do canal e, em poucos minutos, entrava em stand by. De início suspeitei de falhas no sistema que poderiam ser resolvidas com uma atualização do software. Porém, não resolveu. Pelas características do defeito, descartei defeito na barra de LEDs da tela. A prática constante com problemas semelhantes me levou a verificar os integrados reguladores de tensão. Ao medir a tensão de saída do integrado N805, ela estava com +2,8V, abaixo do normal (+3,3V). Testei os componentes associados ao integrado N805 (AMS1117) e não encontrando nada de anormal, fiz a sua substituição, e com isso, o problema foi resolvido.





CARGA DE BANCADA - PARTE I

≡ Vander da Silva Gonçalves

Como projetar

Este projeto é composto basicamente por 4 estágios.

- Alimentação do Circuito
- Controle e Ajuste
- Estágio de Potência
- Carga a ser drenada

Lembro ao nosso caro leitor que projetaremos este circuito, podendo haver alterações no decorrer do projeto, a alteração poderá ser feita por sugestão do leitor ou por necessidade do circuito, e gostaríamos muito de ler a sua sugestão.

O primeiro estágio: é a alimentação de todo o circuito, onde nesse caso a princípio, teremos uma alimentação simétrica para os Amplificadores Operacionais, entre outras tensões, veremos mais adiante.

O segundo estágio: é o controle de ajuste da nossa tensão em cima dos resistores de carga, pois através deste ajuste teremos o controle sobre a corrente, tudo isso através de uma realimentação de referência que o nosso Amplificador Operacional receberá, entraremos em detalhes mais adiante.

Terceiro estágio: Etapa de potência, esta etapa é a mais crítica, pois é neste estágio que iremos projetar a

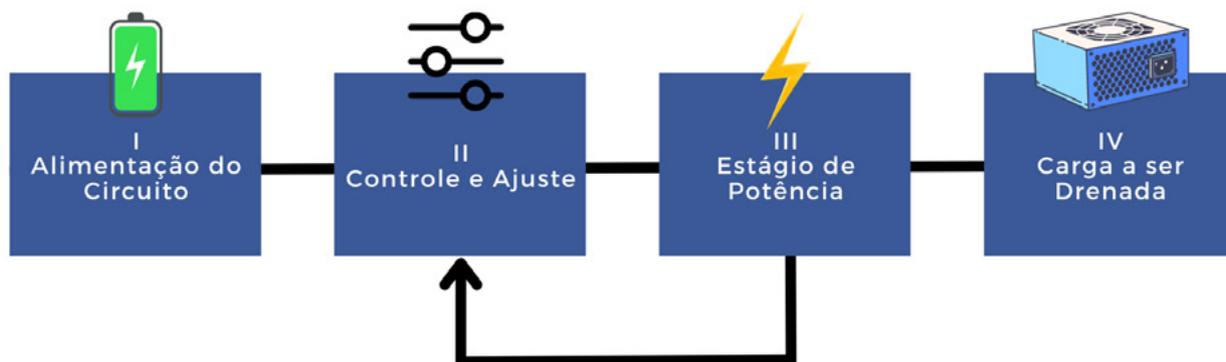


Figura 1 - Diagrama de blocos do projeto.

corrente máxima, tensão máxima e potência máxima do nosso equipamento.

Quarta etapa: Etapa onde receberemos a corrente a ser drenada (equipamento em teste), uma fonte de alimentação ou um amplificador a ser testado.

POR ONDE COMEÇAR?

Cada projetista tem sua maneira de começar um projeto, como um programador tem seu jeito de programar seus microcontroladores, começaremos o projeto através das condições do quarto estágio, sendo assim, devemos estabelecer algumas condições, que será o seguinte:

Primeiro: Qual a tensão máxima que nosso projeto poderá receber? Isso está diretamente relacionado com a potência máxima de nosso circuito.

Segundo: Qual a corrente máxima a ser drenada pelo equipamento em teste?

Terceiro: Qual a tensão de referência em cima dos resistores de potência do nosso projeto?

Pode parecer um pouco confuso, ter tantas incógnitas, mas não, vamos lá.

Iremos estabelecer o **primeiro parâmetro** do projeto que é:

$$V_{max} = 20V$$

$$I_{max} = 2A$$

$$P_{max} = 40W$$

$$V_{ref} = 5V$$

$$R_I = 2,5 \text{ Ohms}$$

V_{max} : Tensão máxima que nosso equipamento poderá receber.

I_{max} : Corrente máxima que meu equipamento poderá drenar.

P_{max} : Potência máxima que meu equipamento poderá suportar.

V_{ref} : Tensão de referência em cima dos resistores de carga do projeto.

R_I : Resistores de carga a ser projetado.

Para obter o R_I , se faz necessário utilizar a lei de Ohms que neste caso $R_I = V_{ref}/I$. Perceba que utilizamos a tensão de referência de $V_{ref} = 5V$ para o cálculo.

Segundo Parâmetro

$$V_{max} = 15V$$

$$I_{max} = 2A$$

$$P_{max} = 30W$$

$$V_{ref} = 5V$$

$$R_L \text{ carga} = 2,5 \text{ Ohms}$$

Terceiro Parâmetro

$$V_{max} = 15V$$

$$I_{max} = 3A$$

$$P_{max} = 45W$$

$$V_{ref} = 5V$$

$$R_L \text{ carga} = 1,66 \text{ ohms}$$

Quarto Parâmetro

$$V_{max} = 15V$$

$$I_{max} = 3,67A$$

$$P_{max} = 55W$$

$$V_{ref} = 5V$$

$$R_L \text{ carga} = 1,37 \text{ ohms}$$

Sim, são necessários alguns parâmetros antes do projeto sair do papel, teremos que fazer alguns cálculos e considerar algumas situações, como por exemplo, a potência máxima a ser dissipada, tem relação com o MOSFET e os resistores de carga (R_I) a serem utilizados.

Esse V_{max} é a tensão máxima de entrada, que meu equipamento poderá receber, o I_{max} é a corrente

máxima a ser drenada por este circuito, utilizando da lei de Ohms chegamos que $P = I \times V$, onde teremos a potência máxima que nosso equipamento poderá consumir, então sabemos o P_{max} , V_{max} e I_{max} , más para saber qual é a corrente máxima que nosso equipamento poderá consumir, o cálculo é em cima da tensão de referência, sobre o resistor de carga R_I de carga que é 5V. O cálculo foi feito em cima do primeiro parâmetro, caso queira fazer os cálculos, dos outros parâmetros substitua os valores:

Primeiro Parâmetro:

$$I = V/R$$

$$I = 5/2,5$$

$$I = 2A$$

Hora da Verdade

Pois aqui é a hora chave de um projeto, será que os valores de componentes que nós calculamos estará disponível no mercado? Qual MOSFET utilizar? Quais resistores de carga utilizar? Qual Amplificador Operacional utilizar?

Pois bem, como falamos no começo do artigo, estamos projetando este equipamento, e faz parte ir atrás desses componentes, estudar seus datasheet's que são suas

folhas de dados, onde contém muitas informações a respeito de como utilizar de forma correta esse componente.

Deixo a sugestão de alguns componentes que separamos para os testes, e ficaremos no aguardo das sugestões para continuar nosso projeto, nosso leitor poderá opinar e dar a sugestão de qual componente utilizar, lembro que tudo será testado em bancada, deixo também o esquema eletrônico do nosso projeto em teste referente ao Terceiro Parâmetro figura 2, será que os cálculos estão certos?



Componentes sugeridos

<https://www.4shared.com/s/fPPDPx-IIfa>

Todos os datasheet estão disponíveis no link acima.

Amplificador Operacional:

- TL081CP
- NE5532P
- CA3140EZ
- UA741CN
- LM358P
- TL072CP

Resistores de Potência:

- 10R - 20W
- 8R2 - 10W
- MOSFET
- IRF3205PBF
- IRF540N

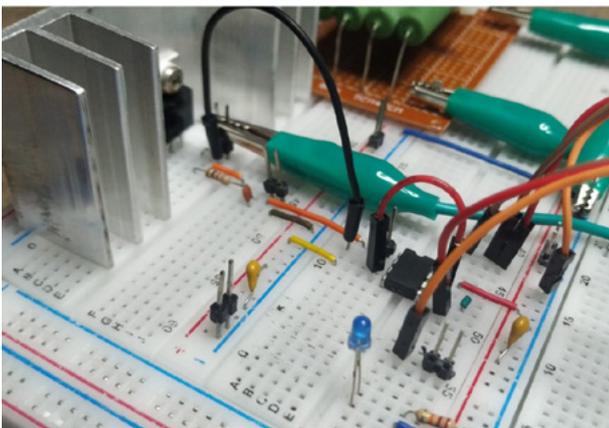
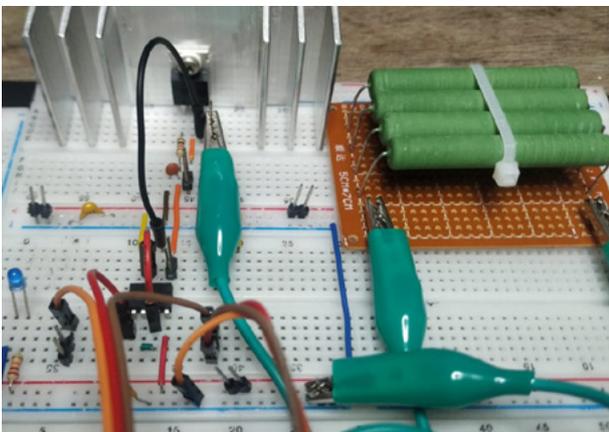


Figura 2 - Circuito referente ao primeiro parâmetro.

Reguladores de Tensão

- L7818CV
- L7918CV
- L7805

FINALIZANDO A PRIMEIRA PARTE

Enfim começamos a projetar, e isso já nos deixa com a “ânsia” de querer terminar, mas com o decorrer dos artigos iremos estudar como tudo funciona, iremos fazer consultas no datasheet, cálculos e todos os testes de bancada necessários para validar nosso projeto, deixo na figura 3, o circuito que estou fazendo, faça seus testes e compartilhe conosco e no próximo artigo compartilho

todos os resultados com vocês, a gente se vê no próximo artigo.

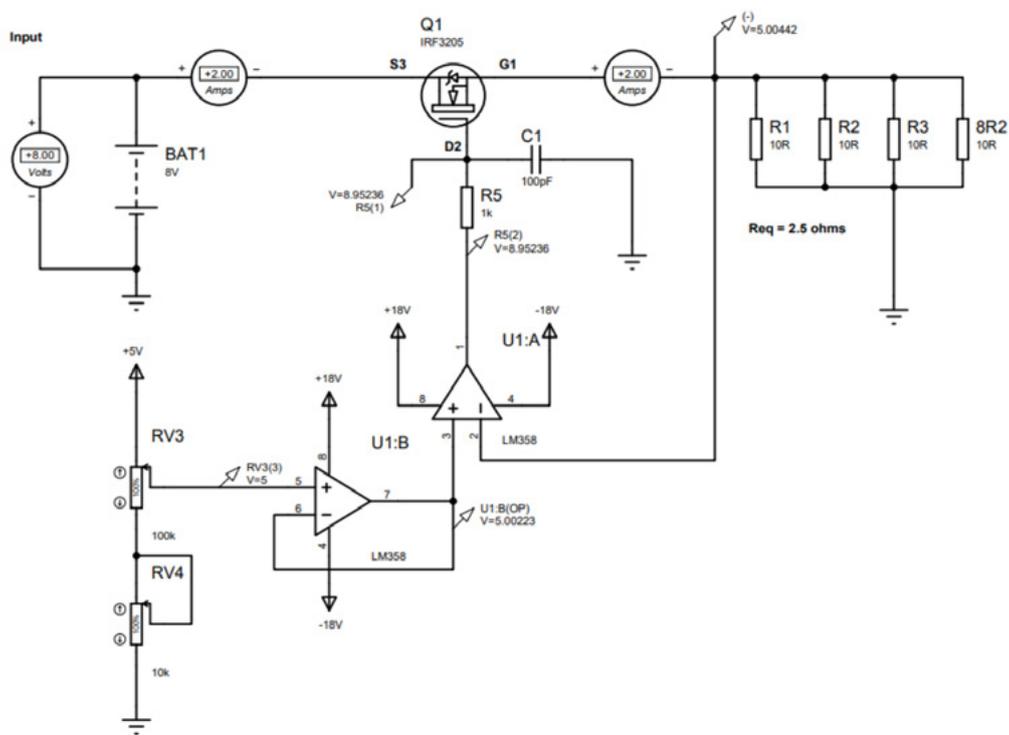


Figura 3 - Circuito referente ao terceiro parâmetro.

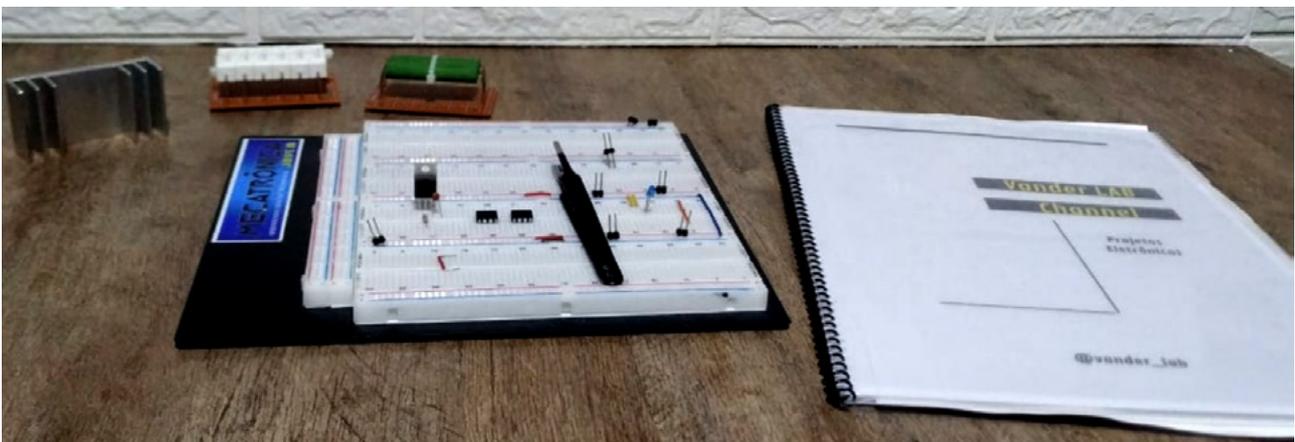
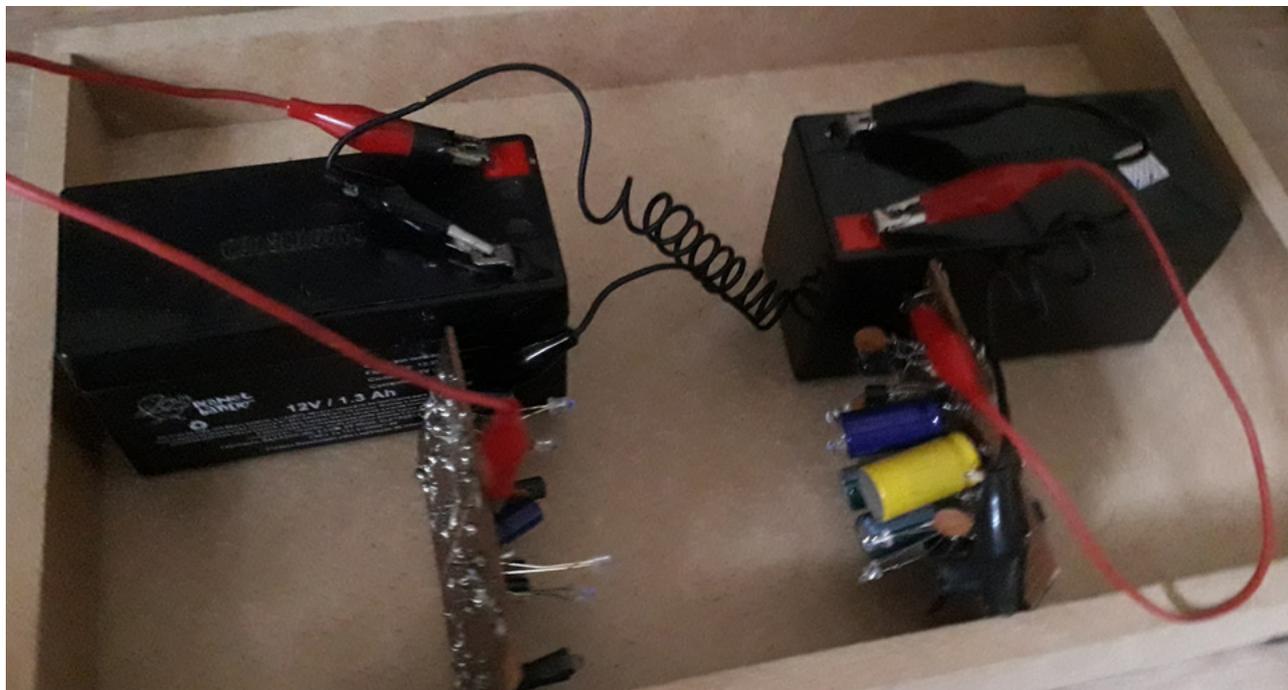


Figura 4 - O início de um projeto, começa com ideias anotadas e muita dedicação.



SINCRONIZAÇÃO FOTÔNICA DE OSCILADORES ESAKI

≡ MSc. Eng. Prof. Antonio Carlos Gasparetti

APRESENTAÇÃO

Em continuidade ao que foi discutido na revista nº 13 da INCB Eletrônica no artigo “Sincronização de Osciladores Quânticos Esaki”, o barramento de sincronização era realizado através de acoplamento DC ou AC via condutor. Agora vamos evoluir o sistema para um barramento utilizando a luz para a sincronização. Desta forma poderemos observar que mesmo utilizando outro meio interativo, ocorrem os processos de sincronização, tanto em fase como em frequência e fase, abrindo a possibilidade de utilização de outros meios interativos, bem como experimentar os efeitos que a utilização do meio fotônico proporciona. Mais um interessante ensaio de física e eletrônica!

INTRODUÇÃO

Para uma melhor compreensão do fenômeno de sincronização, recomendamos a leitura do artigo da revista nº 13 da INCB Eletrônica “Sincronizando Osciladores Quânticos Esaki” [1].

O OSCILADOR ESAKI

Na revista INCB Eletrônica nº 2, no artigo “Oscilador Esaki – O oscilador quântico” [3] detalhamos o princípio de funcionamento destacando o mecanismo quântico de tunelamento, responsável pelo processo de oscilação. Recomendamos a leitura do efeito Esaki [2] e do artigo de forma a melhorar a compreensão deste experimento.

Na versão fotônica proposta, vamos configurar os osciladores para o modo “light-controlled oscillators” ou LCOs [4] utilizando os osciladores Esaki. O oscilador é composto de um circuito RC acoplado ao elemento de resistência negativa (transistor configurado para tal) e um LED indicando o comportamento periódico deste oscilador de relaxação. Na base do transistor usado elemento de resistência negativa acoplamos um circuito fotorreceptor, sendo este um foto-transistor acoplado em AC. O diagrama está na figura 1.

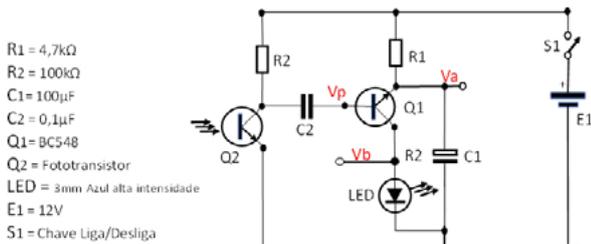


Figura 1. Oscilador Esaki com a interface de controle óptico

ANÁLISE DO CIRCUITO E DO SISTEMA

Podemos verificar através do funcionamento do circuito, as diferentes formas de onda encontradas, onde extraem-se os parâmetros para alimentar a fórmula de cálculo do período dos “flashes” dos LED. Na figura 2 temos detalhamento dos sinais apresentados por essa configuração eletrônica.

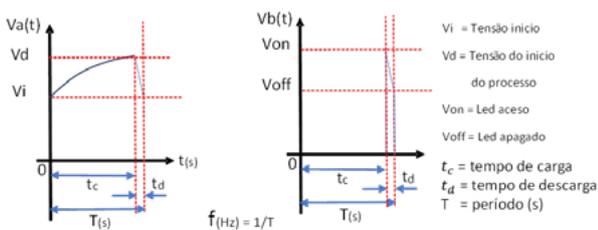


Figura 2. Formas de onda apresentadas pelo oscilador Esaki.

Calculando através da fórmula desenvolvida no artigo da revista nº 2 temos:

$$T(s) \cong RC \ln((E-V_i)/(E-V_d))$$

$$T(s) \cong 4,7k\Omega \times 100\mu F \ln((12-10,4)/(12-11,6))$$

$$T(s) \cong 1,53 \text{ s}$$

Os led deverá piscar com intervalos aproximados de 1,53s em uma frequência aproximada de 0,65 Hz. Importante observar que o led azul tem uma tensão de condução maior que um led vermelho, proposto no artigo da revista nº 2.

O circuito de sincronização é formado por R2, Q2 e C2. O foto-transistor utilizado é o PT334-6C - Everlight

de 5mm de lente. O led utilizado é o 204-15UTC/S400-X9 – Everlight. Os dados técnicos estão disponíveis no respectivos datasheet. [5] [6]

O foto-transistor ao receber um pulso luminoso dos led’s gera um pulso em Vp suficiente para excitar o sistema do oscilador adiantando ou atrasando os pulsos a serem gerados, os quais vão gerar os flashes para os demais osciladores dotados do mesmo circuito de sincronização.

Analisando as curvas características dos componentes ópticos obtidos nos datasheets, podemos verificar que o led pode sensibilizar o sensor foto-transistor através das curvas de comprimento de onda x intensidade relativa x sensibilidade espectral de acordo com a figura 3.

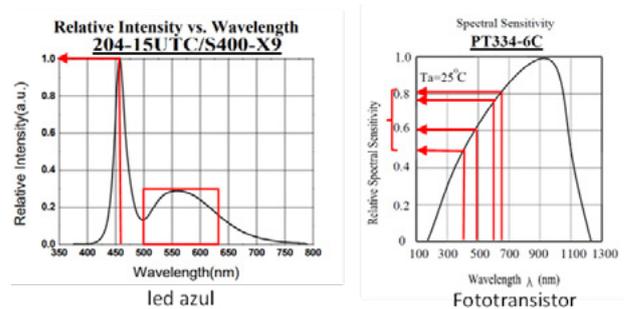


Figura 3. Análise da sensibilização do foto-transistor pelo led.

Uma vez avaliado o sistema de emissão e recepção dos sinais, verificamos que o oscilador ao emitir luz via led pode gerar o sincronismo na entrada do outro oscilador, permitindo assim que ambos se sincronizem [3], conforme o diagrama da figura 4.

Uma vez que o ambiente iluminado pode gerar ruído e perturbações ao sistema óptico, reduziremos tais efeitos através da melhoria da diretividade do led e da sensibilidade diretiva do receptor, através da exposição da lente apenas no seu trecho focal.

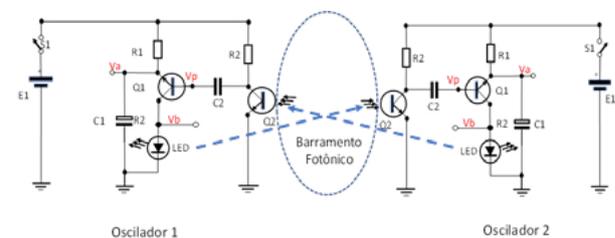


Figura 4 – Dois osciladores Esaki sincronizados através de um barramento fotônico

Montando 4 osciladores independentes, e alimentando-os vamos perceber que os períodos entre os “flashes” de cada oscilador são praticamente iguais (você pode medir o período com o osciloscópio para comprovar). Entretanto é visivelmente perceptível que os 4 não piscam

ao mesmo tempo, em sincronia e sim de forma aleatória, como era esperado. Mesmo com frequências idênticas, os 4 osciladores estarão fora de fase. A figura 5 mostra o diagrama em blocos do sistema composto pelos 4 osciladores Esaki, representados por blocos, sendo que cada bloco é um oscilador independente, montado conforme a figura 1, com $C1 = 100\mu\text{F}$, para o conjunto A.



Figura 5. Diagrama eletrônico com 4 osciladores Esaki com acoplamento via barramento.

SINCRONIZANDO OS OSCILADORES

De forma diversa a descrita no artigo da revista nº 13, agora utilizaremos os pulsos dos osciladores, convertidos e emitidos em “flashes” na cor azul os quais são recebidos pelos demais osciladores através dos seus respectivos foto-transistores, como mostrou a figura 5. Os flashes estão no mesmo comprimento de onda, portanto se misturam no barramento fotônico sendo recebidos simultaneamente pelos demais osciladores. Este processo é a forma análoga ao sistema apresentado na revista nº 13, onde em um determinado momento os osciladores sincronizam entre si.

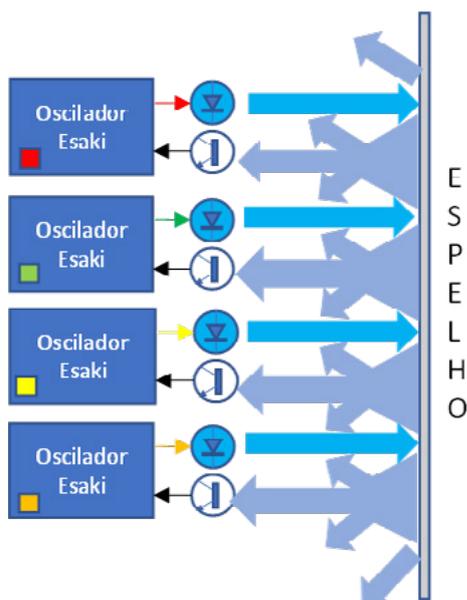


Figura 6. Sincronizando os osciladores fotônicos através de reflexão

Além da configuração frente a frente, como esquematizado na figura 5 é possível utilizar um espelho em uma

nova configuração e observar que se, os osciladores estiverem apontados para a parte reflexiva, eles entrarão em sincronismo, ou seja piscando simultaneamente, sendo que neste caso o espelho passou a ser o barramento fotônico, como ilustra a figura 6.

MONTAGEM PRÁTICA E TESTES:

Cada oscilador individual e sua interface fotônica são montados conforme o diagrama da figura 7. O leitor poderá montar em placa de matriz universal, placa de circuito impresso, em protoboard ou mesmo em “wire mode”. Na montagem tenha atenção especial na polaridade do foto-transistor. Os resistores são de 1/8W e os capacitores eletrolíticos com tensões $\geq 16\text{V}$ e $C2 \geq 50\text{V}$. O valor de E1 varia entre 12V até 15V no máximo. Tensões inferiores ou superiores afetam o funcionamento proposto e podem também afetar a integridade dos componentes.

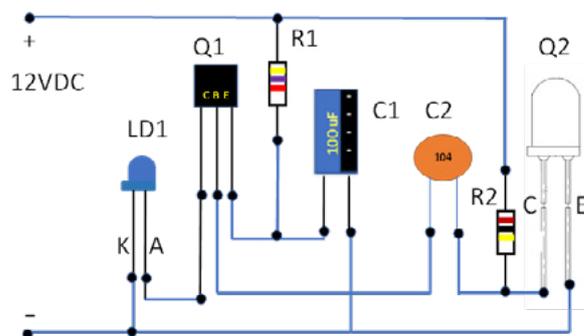


Figura 7. Diagrama de montagem do oscilador Esaki com o circuito do foto-transistor

Ao alimentar o circuito, se todas as condições forem atendidas e as conexões estejam corretamente ligadas, os leds deverão piscar em intervalos de $\approx 1,53\text{ s}$ para $C1 = 100\mu\text{F}$. Faça o teste cobrindo os foto-transistores de forma que a luz externa não interfira no funcionamento do circuito. Em relação aos mesmos foto-transistores para evitar interferências do meio externo tais como lâmpadas eletrônicas ou fontes intensas, utilizamos um tubo termo retrátil de 5mm deixando apenas a lente do foto-transistor à mostra a figura 8.

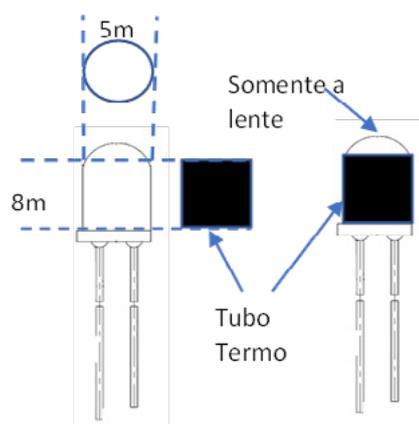


Figura 8 – Preparação do Foto-transistor.

Em uma montagem bem simples, utilizamos uma placa matriz padrão universal 5,0 cm x 7,5 cm. Foram montados dois conjuntos com 4 circuitos em cada placa, para os experimentos que realizamos, como mostra a figura 9. No conjunto A utilizamos capacitores de $100\mu\text{F}$ para gerar um período de 1,53 s com uma frequência em torno de 0,65 Hz. No conjunto B, utilizando o mesmo processo de cálculo exemplificado anteriormente, utilizamos capacitores de $470\mu\text{F}$ para gerar um período de 3,1 s, ou seja, uma frequência próxima a metade da utilizada pelo conjunto A, em torno de 0,32 Hz. Também utilizamos no conjunto A foto-transistores de 3mm ao invés de 5mm. A diversidade entre os circuitos foi proposital para verificarmos os processos de sincronismo em diferentes situações, com componentes diferenciados, de forma a demonstrar alguns resultados. [4]. O leitor pode optar por qualquer das versões para ensaio.



CONJUNTO A



CONJUNTO B

Figura 9 - Montagem experimental dos osciladores com interface óptica.

CONFIGURAÇÃO EXPERIMENTAL

Cada conjunto de osciladores, foi alimentado por uma bateria de 12V de forma independente, isolando os dois sistemas. Dispensamos a chave S1, no entanto para uma

montagem mais completa, sugerimos a utilização. Cada conjunto está sob um suporte o qual irá sustentar o espelho permitindo a reflexão completa dos flashes dos 8 osciladores, tendo o conjunto A quatro osciladores à 0,65 Hz e o conjunto B quatro osciladores à 0,32 Hz. É importante que o local esteja livre de iluminação interferente, principalmente vinda de lâmpadas eletrônicas. Após energizar os dois conjuntos, poder-se-á observar que os led's irão piscar de forma assíncrona e independente. O aspecto final da configuração experimental está esquematizado na figura 10.

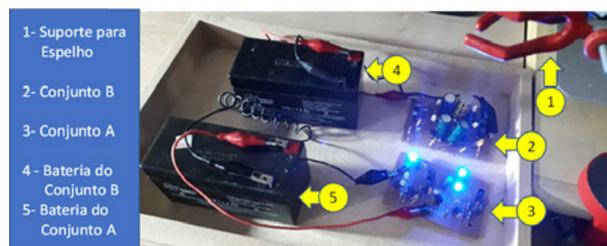


Figura 10 – Configuração Experimental

EXPERIMENTO 1: SINCRONIZANDO COM O ESPELHO.

Com este experimento, vamos verificar se os osciladores entram em sincronismo através da reflexão dos flashes dos led's em um espelho, considerando o conjunto A com aproximadamente o dobro da frequência do conjunto B. Note que em cada conjunto existem quatro osciladores os quais tem a mesma frequência de oscilação entre si. Sem o espelho, verifica-se que ambos os conjuntos piscam fora de fase entre si com frequências diferentes bem como piscam fora de fase entre os osciladores de cada como indica a figura 10 – configuração experimental. Ao se adicionar o espelho, conforme mostra a figura 11 verifica-se que os conjuntos A e B entram em fase, bem como o conjunto A passa a dominar o conjunto B, forçando-o a aumentar a sua frequência!

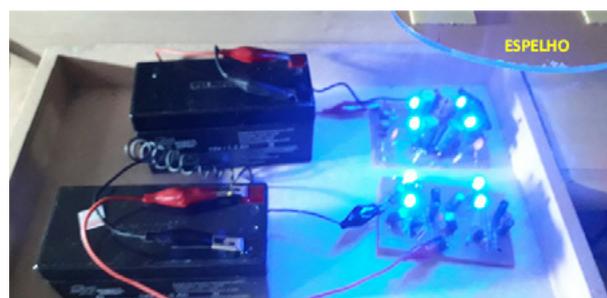


Figura 11 – Configuração Experimental operando com o espelho

EXPERIMENTO 2: SINCRONIZANDO OS CONJUNTOS SEM O ESPELHO.

Com este experimento, vamos verificar se os osciladores entram em sincronismo agora colocando-os frente a frente, de forma que a luz emitida de pelos led's de um conjunto atinjam o outro conjunto, considerando o conjunto A com aproximadamente o dobro da frequência do conjunto B. Note que em cada conjunto existem quatro osciladores os quais tem a mesma frequência de oscilação. Sem estarem apontados um para o outro, verifica-se que os osciladores de cada conjunto piscam fora de fase entre si, bem como em frequências diferentes quando comparados entre os conjuntos, como mostra a figura 10 – configuração experimental.

Ao se reconfigurar os conjuntos de forma que um esteja de frente para o outro, ou seja os led's e foto-transistores do conjunto A estejam frente a frente com os respectivos do conjunto B, conforme mostra a figura 12, verifica-se que os conjuntos A e B entram em fase, bem como o conjunto A passa a dominar o conjunto B, forçando-o a aumentar a sua frequência, a exemplo do experimento com o espelho refletor.

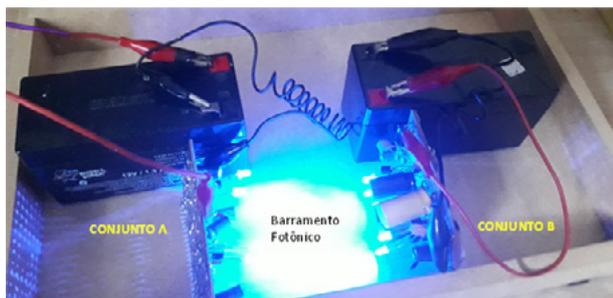


Figura 12. Ensaio com os conjuntos de osciladores A e B frente a frente.

OBSERVAÇÕES

Os transistores variam em suas características, entre os diversos tipos e mesmo entre os de mesmo tipo. Sendo esta uma aplicação não usual do transistor, é possível que alguns transistores não operem devido a suas características estarem incompatíveis com as exigidas pelo circuito. Neste caso o mais simples é substituir o transistor e testando-o no circuito sem entanto estar acoplado. Os melhores resultados foram com os transistores BC 548, BC 109 metálico e 2sC945.

A tensão de alimentação é crítica para este circuito. O ideal é manter, com o led azul no circuito, de 12V à 15V + - 5%. Fora dessas margens o circuito poderá não funcionar.

Ao executar os experimentos, evite fontes de luz como as provenientes de lâmpadas fluorescentes ou eletrônicas, bem como expor os foto-transistores à própria emissão do respectivo oscilador. Essas condições podem prejudicar o desempenho e resultados.

CONCLUSÕES E OBSERVAÇÕES

Os osciladores operando sem estarem acoplados, apresentam a mesma frequência dos seus pares pertencentes ao seu respectivo conjunto, porém com fases distintas.

Na situação dos conjuntos A e B desacoplados, observa-se que entre os conjuntos há diferenças tanto em fase quanto em frequência, devido a diferença das constantes de tempo entre os osciladores de cada conjunto.

Colocando um conjunto apenas, ou conjunto A ou conjunto B, acoplado ao barramento fotônico formado pelo espelho, observa-se sincronismo entre os osciladores do conjunto tanto em frequência quanto em fase.

Com os conjuntos A e B acoplados via espelho como barramento fotônico, observa-se que estes entram em fase, e o conjunto B é forçado a oscilar próximo da frequência do conjunto A, sendo o conjunto A dominante no sistema.

Com os conjuntos A e B acoplados frente a frente tendo como meio de propagação o espaço livre e a disposição destes entre si formando um barramento fotônico, observa-se que os conjuntos entram em fase, e o conjunto B é forçado a oscilar próximo da frequência do conjunto A, sendo o conjunto A dominante no sistema.

Ao se excluir um oscilador do barramento este se desacopla do sistema e passa a oscilar com sua frequência natural, porém fora de fase entre os demais osciladores do seu conjunto e fora de frequência e fase do conjunto complementar.

O sincronismo obtido é do tipo em fase (in-phase).

BIBLIOGRAFIA:

- [1] Gasparetti A.C. "Sincronizando Osciladores Quânticos Esaki" REVISTA INCB ELETRÔNICA Nº13 Nov / Dez 2022, páginas 32 a 37
- [2] Esaki L., USA, Giaever I., USA and Josephson B.D., UK. The Royal Swedish Academy of Sciences Press Release 1973 Nobel Prize in Physics
- [3] Gasparetti A.C. Oscilador Esaki – "O oscilador quântico" REVISTA INCB ELETRÔNICA Nº2 Jan / Fev 2021, páginas 30 – 34
- [4] G.M. Ramirez Ávila a,b,*,1, J.L. Guisset a, J.L. De-neubourg Synchronization in light-controlled oscillators Physica D 182 (2003) 254–273 2003 Elsevier Science B.V. All rights reserved.
- [5] Everlight - Technical Data Sheet 5mm Phototransistor T-1 ¼ PT334-6C Prepared date: 07-20-2005 Everlight Electronics Co., Ltd
- [6] Everlight - Technical Data Sheet 3 mm Round LED (T-1) - 204-15UTC/S400-X9 - 07-25-2005 Everlight Electronics Co., Ltd

versão digital e impressa



A Revista IPESI Eletrônica & Informática pode ser lida da maneira que desejar, na tela dos seus diferentes dispositivos ou sobre sua mesa no formato impresso.

REVISTAS
IPESI

www.ipesi.com.br



A FUNÇÃO NCV DOS MULTÍMETROS MODERNOS

≡ Newton C. Braga

Multímetros com três tipos de medidas, tensão, corrente e resistência ou VOM (Volt-Ohm-Miliamperímetro) como eram também chamadas são coisas de um passado distante. Os multímetros, como quaisquer outros instrumentos evoluíram e muito. Os mais novos têm a função NCV que ainda muitos não conhecem e de que trataremos neste artigo.

Das três escalas básicas, os multímetros passaram a medir também outras grandezas elétricas e incluir novas funções, como injetor de sinais, medidores de capacitância e até mesmo frequência, tornando-se digitais, se bem que um velho instrumento analógico ainda encontra muitas aplicações numa bancada.

Uma das funções que têm estado presente nos multímetros mais novos é a NCV que apresenta especial utilidade para quem trabalha com equipamentos ligados à rede de energia ou ainda tenham cabos de alimentação ou setores críticos para uma análise.

Um multímetro que tenha esta função é muito útil e hoje tipos de custo bastante acessíveis podem ser encontrados, como o que tomamos como exemplo para a redação deste artigo (figura 1).



Figura 1 - Os multímetros Multicomp MP730007 e MP73008 - Veja link no final do artigo para adquirir o seu.

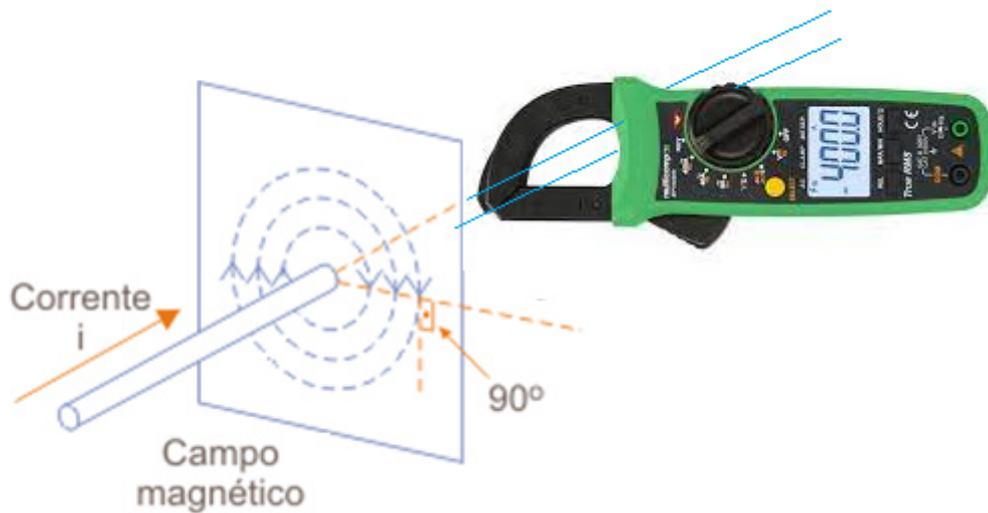


Figura 2 - O detector ou sensor de corrente

O QUE É A FUNÇÃO NCV

NCV vem de Non Contact Voltage ou Tensão sem Contato. Trata-se de uma função que permite que você verifique se um circuito está energizado, ou seja, apresenta tensão sem a necessidade de contato.

Veja que não se trata de um detector de corrente. O detector de corrente opera com o campo magnético produzido por uma corrente ao circular por um circuito, sendo, portanto, um sensor dinâmico, conforme sugere a figura 2.

Este detector precisa que a corrente esteja circulando para funcionar. Se tivermos tensão num cabo, por exemplo, que vai à tomada, ele estará energizado, mas não haverá corrente a não ser que algo esteja ligado.

Uma forma melhor de se fazer a detecção de tensão (e não da corrente) é pelo campo elétrico, conforme sugere a figura 3.

Neste caso, não há necessidade de que a corrente esteja circulando, de que o circuito alimentado esteja ligado. O detector opera pelo campo elétrico em torno do circuito ou componente analisado, verificando a presença de tensão.

Assim, basta aproximar o sensor do condutor ou circuito energizado que ele detecte a presença de tensão acionando um indicador ou um alarme, como é o caso dos modernos multímetros, conforme mostra a figura 4.



Figura 3 - A detecção pelo campo.



Figura 4 - O sensor NFC do multímetro Multicomp.

Para o diagnóstico de instalações e outros circuitos, a possibilidade de se detectar se tensão está presente sem a necessidade de contatos é de grande utilidade.

Ainda hoje temos nas empresas que fazem a manutenção de linhas de transmissão o uso destes sensores, por motivo de segurança. Na figura 5 temos um exemplo de sensor que é usado pelos profissionais da manutenção de linhas elétricas. Ele é usado para se verificar se um cabo está energizado antes que o profissional toque no cabo.



Figura 5 - Sensor de alta tensão de uso profissional em transmissão de energia

Mas, a versão de baixa tensão que temos hoje é para as tensões que normalmente encontramos nas instalações domésticas e mesmo em circuitos de corrente contínua de tensão menores que 20 V.

Na figura 6 temos um exemplo do uso do sensor detectando a baixa tensão contínua da saída de uma fonte para uma ringlight.



Figura 6 - Detectando baixas tensões

O SENSOR E O USO

O sensor NCV dos multímetros comuns normalmente é colocado num ponto que facilite seu uso e se obtenha maior sensibilidade. Na figura 6 temos a posição desse sensor para o multímetro que tomamos como exemplo.

Assim, para usar o multímetro na verificação de tensão de uma instalação ou de um cabo, basta selecionar no painel a função NCV e aproximar o instrumento do cabo ou circuito no qual se deseja verificar a presença de tensão.

Na presença de tensão, o dispositivo emitirá numa série de bips sonoros tanto mais rapidamente quanto maior for a tensão e, ao mesmo tempo, apresentará no display uma série de traços, em número proporcional ao campo detectado, ou seja, à tensão.

Observe o melhor posicionamento para ter uma ideia exata da tensão que está sendo detectada.

OUTROS INSTRUMENTOS

A Digicom tem em sua linha de instrumentos outros tipos que também apresentam a função NCV como, por exemplo, seu amperímetro tipo alicate MP760606, mostrado na figura 8.



Figura 8 - O amperímetro alicate MP760606 da Multicomp com função NCV

Veja que no uso desta função neste tipo de aparelho não há necessidade de se abrir a pinça ou de se envolver o cabo. Ele faz a detecção por aproximação, pois trabalha com o campo elétrico, e não o campo magnético.

ESPECIFICAÇÕES

Os instrumentos que possuem esta função especificam a sua sensibilidade, pois não se pode medir a tensão diretamente pela aproximação, pois ela depende da distância e do posicionamento do sensor.

A indicação será dada conforme abaixo:

“EF” : 0-50mV

“-” : 50-100mV

“--” : 100-150mV

“---” :150-200mV

“----” : >200mV

O buzzer emitirá sons numa velocidade que dependerá da tensão indicada.

Lembramos que o multímetro indicado tem as escalas normais de tensão, corrente e resistências além de muitas outras funções como, teste de continuidade, diodos, medidas de capacitância, teste de baterias e temperatura (para o MP73700007 apenas).

Link para mais informações e compra:



Gateways LoRaWAN®

TEKTELIC

communications

A TEKTELIC é líder mundial no fornecimento de Gateways IOT LoRaWan para uso profissional em redes LoRaWan privadas ou para extensão de redes públicas.

- Linha completa de Gateways
- Homologação Anatel
- Suporte a Rede Helium*
- Suporte comercial e técnico local pela Duodigit | Serdia



**Kona Micro
Lite IOT**
8 RX / 1TX
Ethernet



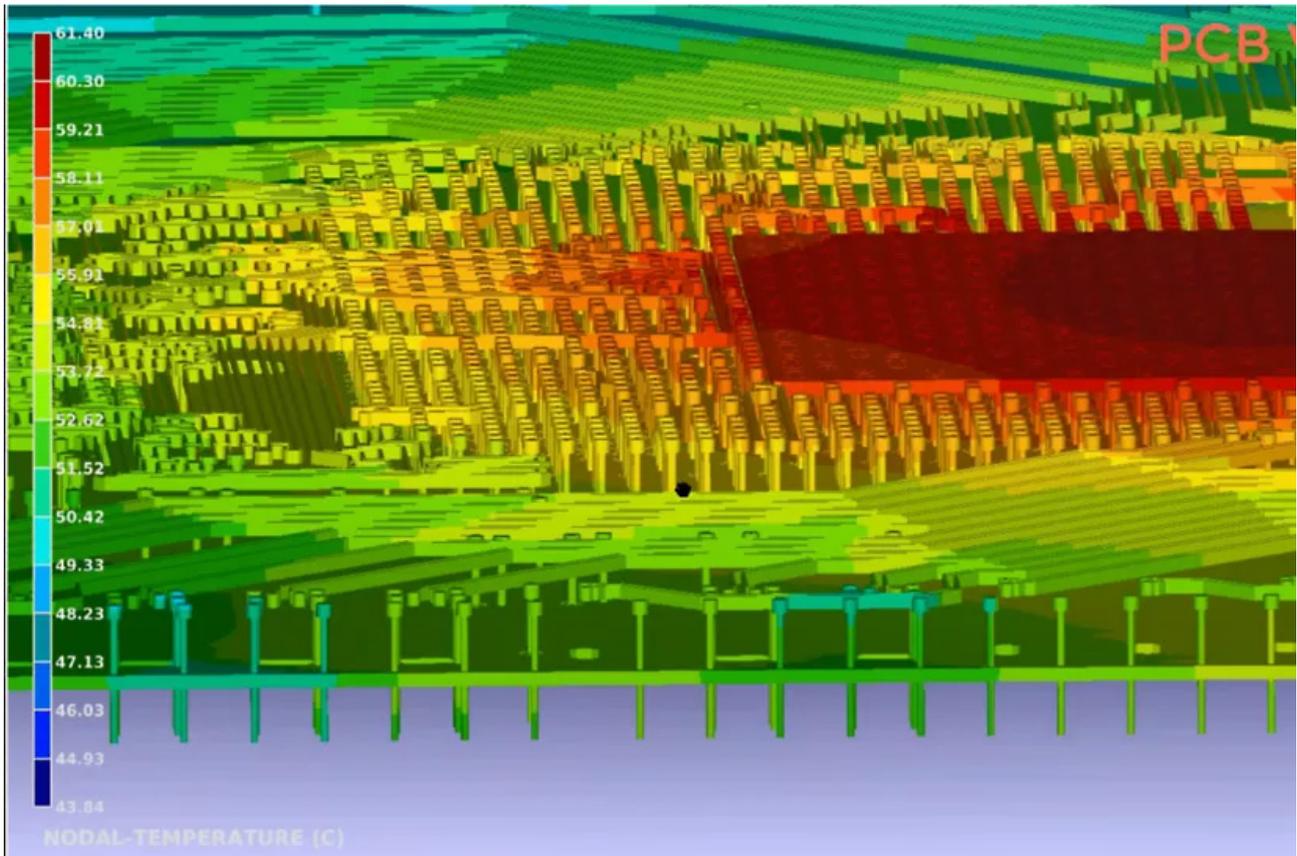
*Kona Enterprise e Kona Micro IOT suporta essa função.



CONTATO COMERCIAL E TÉCNICO:
www.duodigit.com.br
vendas@duodigit.com.br



Escaneie e inscreva-se para o evento Técnico sobre Tektelic



TERMOMETRIA - O QUE É EMISSIVIDADE

≡ Newton C. Braga

A instrumentação eletrônica se baseia cada vez em tecnologias novas que fazem uso de componentes dos mais diversos tipos. É o caso dos termômetros infravermelhos que encontram uma ampla gama de utilizações tanto na indústria como na medicina, num mundo agropecuário e em muitos outros lugares. Entender alguns dos fenômenos físicos com seus termos e significados é fundamental para o profissional e mesmo usuários dos equipamentos. É deste assunto que tratamos neste artigo.

Uma técnica importante de medida de temperaturas é a que se baseia na emissão de radiação infravermelha por um corpo aquecido.

Esse conceito vem da curva de radiação de Boltzmann mostrada na figura 1 que nos mostra que um corpo aquecido emite radiação que se distribui pelo espectro de acordo com sua temperatura.

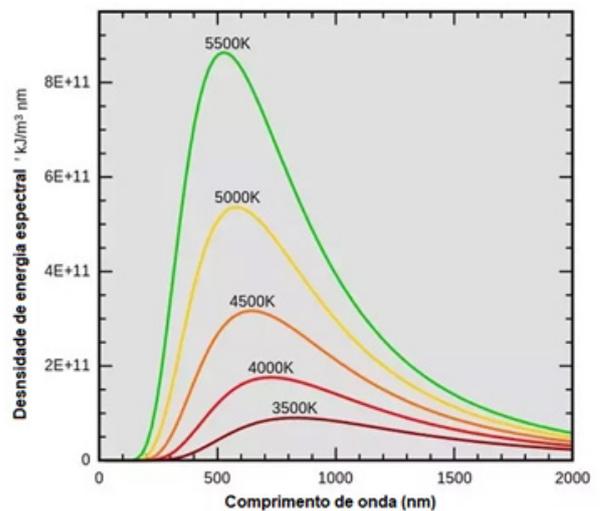


Figura 1 – A curva de emissão de Boltzmann

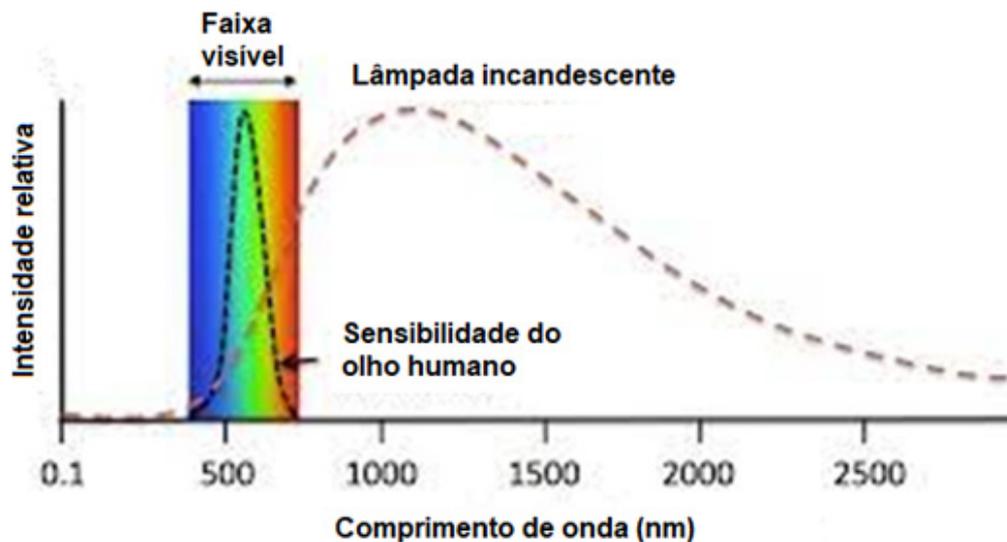


Figura 2 – O espectro da luz incandescente.

Verificamos que quanto mais quente estiver o corpo, mais a radiação emitida se concentra nas radiações de menor comprimento de onda e, portanto, chegando a parte visível do espectro.

É por esse motivo que um objeto de metal pouco aquecido não é visível no escuro, mas à medida que se aquece se torna avermelhado, pois já temos uma certa emissão na parte vermelha do espectro visível e à medida que a temperatura sobe mais, ele se torna vermelho, alaranjado, amarelo, branco para depois, finalmente brilhar com luz azulada.

As lâmpadas incandescentes aproveitam esse efeito para “acender” com luz esbranquiçada concentrando uma parte da emissão no espectro visível, conforme mostra a figura 2.

Sabemos que uma boa parte da energia utilizada neste tipo de lâmpada não é aproveitada para se obter luz visível, daí o baixo rendimento desta fonte luminosa.

Mas, o que nos ensina essa curva e esse fenômeno ligado ao aquecimento é que podemos usar a emissão de radiação de um corpo para medir sua temperatura. Para isso temos de levar em conta alguns fatos que nos são ensinados pela física.

CORPO NEGRO

As curvas de emissão de Boltzmann levam em conta as características de um corpo especial, pois os corpos se comportam de forma diferente quando emitem radiação e quando a recebem.

Leva-se em conta que o corpo tem a capacidade de emitir toda a radiação produzida e se estiver recebendo essa radiação, de absorvê-la totalmente. As curvas são para o corpo perfeito, ou seja, o Corpo Negro.

Um corpo negro tem então emissividade ideal ou máxima, que podemos especificar como 100% ou 1. Assim, de um corpo que retém toda a radiação não emitindo e que tem a emissividade 0 podemos ter todos os graus intermediários.

Nas aplicações práticas em que vamos medir a temperatura de um corpo pela radiação infravermelha emitida, precisamos então conhecer a emissividade do corpo considerado.

As características de emissividade dos diversos materiais são obtidas através de experimentos e existem diferenças quando um material pode ter composição diferentes.

Assim, vemos que o grafite, por exemplo, pode ter emissividades entre 0,8 e 0,9 dependendo da forma como ele é cristalizado. Da mesma forma, a madeira pode ter emissividades entre 0,9 e 0,95.

O corpo humano, normalmente tem como valor adotado para emissividade 0,98, o que quer dizer que devemos ajustar o termômetro para este valor para verificar, por exemplo se uma pessoa está com febre.

Normalmente, uma tabela para ajustes acompanha os termômetros ópticos, dando a emissividade de cada material, conforme dada como exemplo a seguir: Essa tabela acompanha o termômetro óptico infravermelho da Multicomp que descrevemos em artigo a ser publicado e que está disponível no link abaixo para compra. Nesse link temos o acesso ao datasheet.

<https://www.farnell.com/datasheets/2805095.pdf>

Measure Surface (metals)	Switch Setting
Aluminium oxidised	0.2-0.4
Alloy A3003 oxidised	0.3
Alloy A3003 roughened	0.1-0.3
Burnished Brass	0.3
Oxidised Brass	0.5
Copper oxidised	0.4-0.8
Electrical terminal blocks	0.6
Haynes alloy	0.3-0.8
Inconel oxidised	0.7-0.95
Inconel sandblasted	0.3-0.6
Inconel electropolished	0.15
Cast Iron oxydised	0.6-0.95
Cast Iron clean	0.2
Cast Iron molten	0.2-0.3
Wrought Iron dull	0.9
Lead rough cast	0.4
Lead oxidised	0.2-0.6
Molybdenum oxidised	0.2-0.6
Nickel oxidised	0.2-0.5
Platinum black	0.9
Steel cold rolled	0.7-0.9
Steel ground sheet	0.4-0.6
Steel polished sheet	0.1
Iron oxidised	0.5-0.9
Iron rusted	0.5-0.7
Zinc oxidised	0.1

5

Parte da tabela é mostrada acima.



Figura 3 – O termômetro infravermelho Multicomp MP780004.

USANDO O TERMÔMETRO.

O termômetro tem um sensor que está calibrado para captar a emissão infravermelha de uma área que cobre uma superfície que depende da distância. Se a parte emissiva ocupar uma parcela apenas da área abrangida, a indicação de temperatura será incorreta.

Desta forma, para usar corretamente o termômetro devemos considerar as dimensões da área emissora e em sua função determinar a distância em que ele deve ser posicionado, conforme mostra a figura 4.

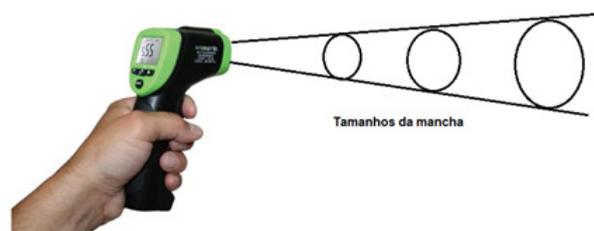


Figura 4 – Posicionamento correto

Na aplicação normal, quando queremos ler a temperatura de um corpo qualquer devemos então levar em conta a emissividade do material de que é feito esse corpo e o posicionamento do termômetro.

TAMENTOS

Componentes Eletrônicos

Robótica e Automação

Motores

Conectores

Impressora 3D CNC

Ferramentas Protótipos

WWW.MAMUTEELETRONICA.COM.BR



MAMUTE Eletrônica



RUA: VITÓRIA 125
SANTA IFIGÊNIA - SÃO PAULO
CEP: 01210-001
(11) 3222-8816 | (11) 3222-8774



f Vander Gonçalves

@vander_lab

Vander LAB



MÓDULOS LORAWAN COM ABORDAGEM NO-CODE

≡ Pedro Bertoleti

INTRODUÇÃO

O LoRaWAN tem se estabelecido como uma das principais opções de conectividade para soluções em Internet das Coisas, principalmente devido ao baixo custo de conectividade, longo alcance de comunicação (entre dispositivo e gateway LoRaWAN) e baixíssimo consumo energético. Apesar de bem difundida atualmente, a implementação da conectividade LoRaWAN em um dispositivo pode ser algo trabalhoso, uma vez que implementar ou integrar um stack LoRaWAN completo em um software embarcado, a depender do microcontrolador-alvo, é algo de complexidade considerável.

Visando resolver esse problema, alguns fabricantes têm apostado em módulos LoRaWAN com abordagem no-code, consistindo de módulos que já possuem rádio

LoRa + stack LoRaWAN prontos para uso, comandados através de comandos AT via comunicação UART / serial.

Este artigo mostrará em detalhes o que é a abordagem no-code e mostrará exemplos de fabricantes e módulos que estão fazendo módulos nessa linha, além de fornecer uma referência de projeto-exemplo com um dos módulos LoRaWAN apresentados.

Abordagem no-code: uma solução inteligente para conectividade LoRaWAN

Em resumo, a abordagem no-code em módulos LoRaWAN consiste em módulos contendo um rádio LoRaWAN (e respectiva circuitaria RF) e um microcontrolador já previamente programado com o stack LoRaWAN. Tal microcontrolador tem os seguintes propósitos:

1. Possuir já programado em seu firmware o stack LoRaWAN, operando nas classes A, B e/ou C.
2. Ser capaz de comunicar-se com o rádio LoRa do módulo (exemplos: SX1276 e SX1262, do fabricante Semtech), a fim de estabelecer conectividade LoRaWAN entre o módulo e os gateways LoRaWAN ao seu alcance.
3. Ser comandado por comandos AT, via UART / interface serial, comandos estes vindos do microcontrolador ou microprocessador principal do projeto.

Portanto, a abordagem no-code consiste em delegar toda a conectividade LoRaWAN para um módulo dedicado, ficando a cargo do microcontrolador ou microprocessador do projeto enviar comandos AT ao referido módulo para inicializá-lo, configurá-lo, enviar e receber mensagens LoRaWAN, colocá-los em modo de baixo consumo de energia (sleep mode / deep sleep mode) e demais operações pertinentes.

Essa abordagem traz diversas vantagens, conforme descrito a seguir

- Menor complexidade final de software embarcado, uma vez que toda a parte de stack LoRaWAN estará já pronta e programada no módulo LoRaWAN
- Possibilidade de uso de microcontroladores mais simples e baratos na solução, já que não há a necessidade de rodar o stack LoRaWAN junto com o software embarcado principal da solução. Até mesmo projetos em operação que já contam com microcontroladores antigos podem ter a conectividade LoRaWAN integrada fazendo-se uso de um módulo destes.
- Como a grande maioria dos módulos LoRaWAN de abordagem no-code (de uma vasta gama de fabricantes) comunicam-se com o mundo externo via interface serial / UART, têm-se a flexibilidade de ser possível de se trocar de módulo LoRaWAN (fabricante e modelo) de forma relativamente simples. Dessa forma, em caso de um módulo LoRaWAN estar indisponível no mercado ou se aparecer um módulo concorrente com boas vantagens (menor preço, por exemplo), o impacto em termos de adaptação no hardware seria baixo, uma vez que, a priori, seria necessário somente dispor de alimentação e TX e R da interface serial. Já em software, o impacto seria também baixo, sendo este re-formatar as strings dos comandos AT para ser compatível aos do novo módulo.
- É comum que tais módulos LoRaWAN possuam recursos adicionais e muito úteis na maioria das soluções que contém sistemas embarcados, como por exemplo: entradas analógicas, GPIOs para entrada/saídas digitais e afins.

- Tais módulos LoRaWAN possuem toda a parte de Radio-Frequência (RF) já ajustada para uso na potência por eles especificada. Logo, você projetista não precisa se preocupar com desenvolvimento de hardware relativo à RF, algo que não é trivial de ser feito.
- É muito comum que tais módulos vendidos no Brasil já disponham de homologação na Anatel. Dessa forma, o processo de homologação na Anatel de sua solução pode ser simplificado.

Módulo LoRaWAN - fabricante Radioenge

Como primeiro exemplo de módulo LoRaWAN de abordagem no-code, tem-se o módulo LoRaWAN do fabricante nacional Radioenge. Tal módulo pode ser visto na figura 1.

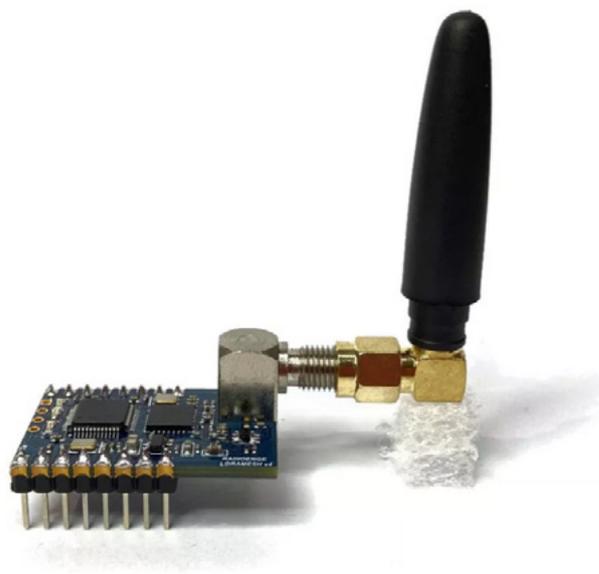


Figura 1 - módulo LoRaWAN Radioenge.
Fonte da imagem: <https://www.radioenge.com.br>

O módulo LoRaWAN Radioenge é um transceiver com tecnologia LoRa capaz de operar nas classes LoRaWAN A e C. Possui como interface de comando a interface serial, operante por padrão em 9600/8/N/1.

Dentre as características do módulo, destacam-se:

- Operação com tensões de alimentação indo de 4V até 12V
- Pequena área de ocupação: 33 x 22mm
- Temperatura de operação de -40°C até +85°C
- Sensibilidade de recepção de -137dBm
- Potência máxima de saída de +20dBm

- Faixa de frequência de operação LoRaWAN: de 915MHz até 928 MHz (com divisão de canais equivalente a região australiana, o que funciona no Brasil também)
- Consumo máximo de corrente elétrica: 111mA (durante transmissão, na potência máxima)
- Consumo mínimo de corrente elétrica: 1,8µA (em modo sleep / deep sleep)
- 10 GPIOs e 4 entradas analógicas

Para mais informações, acesse: <https://www.radioenge.com.br/produto/modulo-lorawan/>

MÓDULO LORAWAN SMW-SX1262M0 - FABRICANTE SMART MODULAR

Outro módulo LoRaWAN de abordagem no-code muito interessante é o módulo LoRaWAN SMW-SX1262M0, do fabricante Smart Modular (fabricante nacional). Tal módulo pode ser visto na figura 2.



Figura 2 - módulo LoRaWAN SMW-SX1262M0, do fabricante Smart Modular.

Fonte da imagem: <https://smartmodular.com.br/iot/>

Este módulo tem como diferencial a possibilidade de ser usado tanto como módulo LoRaWAN quanto como um dispositivo puramente LoRa para comunicação sem-fio de forma ponto-a-ponto ou em topologia estrela diretamente com outros módulos que possuam rádio LoRa (sem usar, portanto, conectividade LoRaWAN nem gateway LoRaWAN). Portanto, este módulo pode ser utilizado para criar links locais de comunicação LoRa também.

O módulo é capaz de operar nas classes LoRaWAN A, B e C. Possui como interface de comando a interface serial, operante por padrão em 9600/8/N/1.

Dentre as características do módulo, destacam-se:

- Operação com tensões de alimentação indo de 2V até 3,6V
- Pequena área de ocupação: 26 x 22mm
- Temperatura de operação de -40°C até +85°C.
- Sensibilidade de recepção de -148dBm
- Potência máxima de saída de +22dBm
- Faixa de frequência de operação: de 902MHz até 907.4MHz e de 915.2MHz até 927.8MHz
- Consumo mínimo de corrente elétrica: < 5µA (em modo sleep / deep sleep)
- 6 GPIOs

Para mais informações, acesse: <https://smartmodular.com.br/iot/>

MÓDULO LORAONE - FABRICANTE QUADRAR

O módulo LoRaONE, do fabricante nacional Quadrar, mostra-se também uma opção muito interessante para aqueles que buscam módulos LoRaWAN com abordagem no-code. O referido módulo pode ser visto na figura 3.



Figura 3 - módulo LoRaONE, do fabricante Quadrar.

Fonte da imagem: <https://embarcados.com.br/loraone-primeiro-modulo-lora-nacional-de-baixo-custo/>

O módulo é capaz de operar nas classes LoRaWAN A e C. Possui como interface de comando a interface serial, operante por padrão em 9600/8/N/1.

Dentre as características do módulo, destacam-se:

- Operação com tensões de alimentação indo de 3.1V até 3.6V

- Pequena área de ocupação: 21,5 x 33mm
- Temperatura de operação de -40°C até +85°C
- Sensibilidade de recepção de -137dBm
- Potência máxima de saída de +22dBm
- Faixa de frequência de operação LoRaWAN: 915 MHz (operate em AU915 e LA915)
- Consumo máximo de corrente elétrica: 125mA (durante transmissão, na potência máxima)
- 7 GPIOs, sendo que 4 deles podem ser configurados como entradas analógicas

Para mais informações, acesse: <https://www.quadrar.com.br/>

Exemplo de como utilizar um módulo LoRaWAN no-code

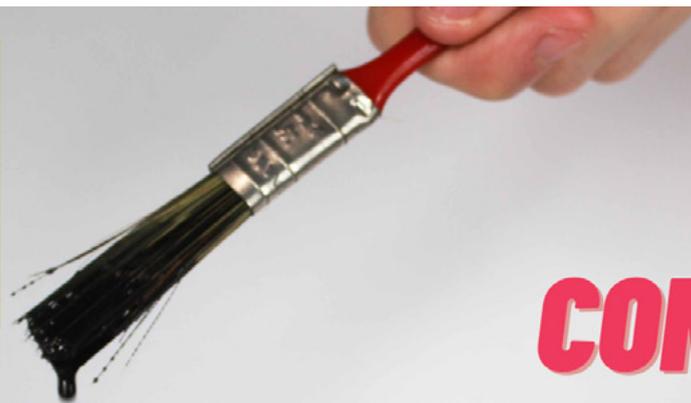
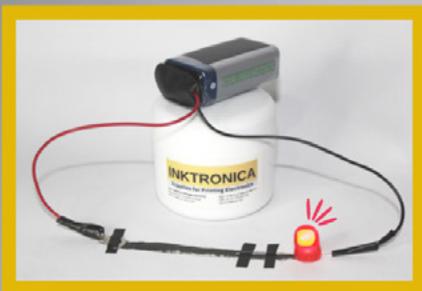
Como exemplo de como se utilizar um módulo LoRaWAN de abordagem no-code, há o projeto Contador de pulsos com LoRaWAN, disponível em: <https://www.newtonbraga.com.br/index.php/microcontroladores/143-tecnologia/20021-contador-de-pulsos-com-lorawan-mic579.html>

Este projeto consiste em um contador de pulsos que envia o acumulado de pulsos (de duas entradas pulsadas) via LoRaWAN, utilizando como microcontrolador um ESP-32-C3 e como módulo LoRaWAN o SMW-SX1262M0, do fabricante Smart Modular.

CONCLUSÃO

Este artigo apresentou o conceito de um módulo LoRaWAN com abordagem no-code, um tipo de abordagem que simplifica o desenvolvimento de projetos com conectividade LoRaWAN. Além disso, foram apresentados 3 módulos LoRaWAN que seguem esta linha, de forma a esclarecer ao leitor características operacionais dos mesmos.

Ainda, foi referenciado um projeto prático feito com um dos módulos LoRaWAN apresentados, de modo a servir como base para o leitor verificar como funciona e poder, a partir do projeto apresentado, desenvolver seus próprios projetos com um módulo LoRaWAN com abordagem no-code.



TINTA CONDUTIVA

INKTRONICA
Supplies for Printing Electronics

 @inktronica7

 (11) 95878-1318

 contato@inktronica.com.br

 www.inktronica.com.br



CONTADOR DE PULSOS COM LORAWAN

≡ Pedro Bertoleti

Atualmente, as mais variadas soluções que envolvam dispositivos eletrônicos podem contar com a maior oferta de conectividade já vista, havendo um significativo número de possibilidades para enviar dados para a nuvem, de forma que sejam disponibilizados a sistemas e plataformas online para futura análise e processamento. Dentre as opções atuais do mercado em redes LPWAN para esta finalidade, uma que ganha destaque é o LoRaWAN, devido ao baixo custo anual de conectividade, grande disponibilidade no Brasil, baixíssimo consumo energético, fácil acesso e baixo custo de módulos LoRaWAN no mercado.

Aproveitando-se das facilidades que as LPWAN oferecem, um já bem conhecido problema pode ser resolvido: monitoramento remoto de instrumentos de medição diversos, como de consumo de água, gás e energia elé-

trica. Este artigo mostra uma sugestão de como desenvolver um equipamento para permitir o monitoramento a distância destes tipos de medidores, usando LoRaWAN como conectividade.

COMO OBTER AS MEDIÇÕES QUE OS EQUIPAMENTOS GERAM?

Hoje, na grande maioria dos casos, dependemos de leituras manuais (feitas mensalmente, por profissionais leituristas) para termos conhecimento de nosso consumo de água/gás/energia, tarifas e para analisar tais consumos atrás de irregularidades, como vazamentos, por exemplo. Esse tempo é muito significativo e pode significar aumento de desperdícios (em casos de vazamentos) e, ainda, pode atrasar ações que poderíamos fazer para reduzir o consumo.

Felizmente, hoje em dia contamos com uma grande oferta de medidores de consumo de água, gás e energia que disponibilizam saídas pulsadas, onde através destes pulsos informam, aos dispositivos eletrônicos que estiverem lendo tais saídas, qual o consumo por eles medido. Nestes casos, não é preciso se fazer nenhum tipo de calibração, uma vez que os pulsos representam a própria medição feita no medidor (logo, possuem a mesma confiabilidade que o medidor em si). Ainda, tais pulsos são gerados a partir de ímãs que fecham contato de um reed-switch, sendo, portanto, saídas de contato seco. Veja na figura 1 um exemplo de um hidrômetro que disponibiliza tal saída pulsada.



Figura 1 - hidrômetro que disponibiliza saída pulsada através do fio cinza (fonte da figura: <https://www.hidraconex.com/hidrometro-multijato-de-1-polegada-saida-pulsada-conexoes>)

Ainda como exemplo, na figura 2 é mostrado o medidor de consumo de gás G4.0, do fabricante DAEFLEX, que também disponibiliza saída pulsada.

Considerando a presença desta saída pulsada, para se ter acesso a tais medições bastaria dispor de um dispositivo eletrônico capaz de ler tais pulsos, contabilizar as medições de consumo informadas e, periodicamente, enviar tais medições de consumo via LoRaWAN para a nuvem. Dessa forma, é possível se ter acesso a tais dados de consumo via Internet.

É importante ressaltar que cada medidor possui um padrão de pulsos gerados por recurso consumido (água, gás ou energia), a depender do modelo e marca do medidor em questão. Desta forma, como não há uma uniformidade nesta quantidade de pulsos gerados, é recomendável no equipamento eletrônico (que captura tais pulsos) simplesmente se contar a quantidade de pulsos gerados e, em nuvem (na plataforma IoT, por exemplo), se fazer o cálculo para saber o real consumo, uma vez que o opera-



Figura 2 - medidor de consumo de gás G4.0 do fabricante DAEFLEX, que disponibiliza saída pulsada (fonte da imagem: <https://fgsbrasil.com.br/produto/medidor-de-gas-g-4-0/>)

dor da plataforma IoT (o próprio usuário final, em muitos casos) conhece / pode ter acesso a relação de pulsos / consumo do medidor que originou tais pulsos.

Projeto para leitura de pulsos, contagem de pulsos e transmissão do contador via LoRaWAN

Como exemplo prático de um projeto para leitura de pulsos, contagem de pulsos e transmissão do contador via LoRaWAN, segue o link do repositório de um projeto de minha autoria: https://github.com/phfbertoleti/contador_pulsos_lorawan. Para baixar a versão mais recente do projeto, acesse diretamente o link: https://github.com/phfbertoleti/contador_pulsos_lorawan/archive/refs/heads/main.zip.

Este é um projeto de um contador de pulsos com conectividade LoRaWAN, usando como principais itens de hardware um ESP32 modelo C3 e módulo LoRaWAN SMW SX1262M0 do fabricante Smart Modular. Este projeto foi originalmente desenvolvido para a placa DevKit ESP32-C3 LoRaWAN, cuja imagem pode ser vista na figura 3.



Figura 3 - placa DevKit ESP32-C3 LoRaWAN

O projeto desenvolvido é capaz de:

- Contabilizar pulsos de duas entradas pulsadas, vindas de dois medidores distintos, compondo, portanto, dois contadores de pulsos em um só dispositivo. Tais pulsos devem, na prática, chavear o GND para os GPIOs 3 e 4.
- Enviar periodicamente (para fins de teste, a cada 15 segundos, tempo definido em `TEMPO_MIN_ENTRE_ENVIOS_LORAWAN_MS` no seu código-fonte) a contabilização dos pulsos. O payload LoRaWAN tem no total apenas 8 bytes, sendo 4 bytes para cada contador de pulsos.
- O limite máximo de pulsos contabilizados por contador é de 4.294.967.296 pulsos.
- A cada certo número de envios (definido por `NUM_ENVIOS_PARA_GRAVAR_CONTADORES_NVS` no código-fonte), é feito o salvamento dos valores dos contadores na partição NVS do ESP32. Desse modo, caso o módulo perder a alimentação, o número de pulsos contados será resgatado e a contagem não será perdida.
- Neste projeto, utiliza-se o LoRaWAN operando em classe A, com spread factor em 12, no modo ABP e sem utilizar confirmação de envio, visando menor tráfego possível de mensagens e maior alcance possível entre dispositivo e gateway LoRaWAN.

COMO PREPARAR O AMBIENTE PARA PROGRAMAÇÃO DO ESP32-C3?

Este projeto faz uso da extensão do ESP-IDF para o Visual Studio Code (uma das mais populares e suportadas IDEs atualmente). Esta extensão permite programar o ESP32-C3 via Visual Studio Code, utilizando 100% do que o framework oficial da Espressif (ESP-IDF) - fabricante do ESP32 - oferece.

Para instalar esta extensão, siga o procedimento abaixo. O procedimento considera que você já possui o Visual Studio Code instalado no seu computador. Caso ainda não possua o Visual Studio Code, baixe-o em <https://code.visualstudio.com/> ou via loja de software do seu sistema operacional.

1. No Visual Studio Code, na barra lateral esquerda, clique sobre o ícone de extensões



2. No campo de texto de busca de extensões, procure por `espressif`
3. Faça download da extensão chamada `Espressif IDF`

4. Após a instalação, é hora de baixar a versão do ESP-IDF para a extensão utilizar. Para isso, no Visual Studio Code, pressione o botão F1 do seu teclado, digite `configure esp-idf extension` e, em seguida, selecione a opção `ESP-IDF: Configure ESP-IDF extension`.
5. Será exibida a tela para instalação do ESP-IDF a ser instalado (para uso da extensão referida). Estarão disponíveis três opções: `Express`, `Advanced` e `Use existing setup`. Selecione a opção `Express`.
6. Na tela de opções que surgir, em `Select ESP-IDF version`, selecione a versão 4.4 (versão na qual este projeto foi desenvolvido) e clique em `Install`.
7. Aguarde alguns minutos e a instalação estará completa.

Após este procedimento, o seu computador estará preparado para desenvolver software para o ESP32 via Visual Studio Code com o ESP-IDF.

PROJETO: COMO FUNCIONA?

A seguir, serão explicados em detalhes nos tópicos “Como são feitas as leituras de pulsos no ESP32-C3 do projeto?”, “Persistência dos valores dos contadores de pulsos” e “Envio LoRaWAN dos valores dos contadores” como as principais partes do projeto funcionam, de forma a facilitar o entendimento completo do código-fonte do projeto. Esta modularização foi feita devido a extensão do código-fonte, para permitir que você compreenda rapidamente como o todo funciona. Dessa forma, é possível compreender como o projeto funciona lendo tais tópicos, pois estes falam das partes mais importantes do software deste projeto.

De forma complementar, se você deseja saber em detalhes como tudo funciona neste projeto, é altamente recomendável que você faça a leitura atenta e completa de todo o código-fonte dele.

COMO SÃO FEITAS AS LEITURAS DE PULSOS NO ESP32-C3 DO PROJETO?

Neste projeto, o ESP32-C3 faz as leituras de ambas entradas pulsadas (GPIOs 3 e 4) via interrupção, com acionamento em borda de descida. Ou seja, a interrupção é gerada toda vez que o sinal do pulso vai do nível alto, 3V3, para o nível baixo, GND. Cada entrada pulsada possui sua função de tratamento de interrupção - `contador_1_isr_handler()` e `contador_2_isr_handler()`.

Veja na listagem abaixo a configuração dos GPIOs 3 e 4 como entradas (com pull-up, para permitir pulsos com nível alto em 3V3), configuração da interrupção em borda de descida (`GPIO_INTR_NEGEDGE`) e associação das funções de tratamento de interrupção (`contador_1_isr_handler()` e `contador_2_isr_handler()`) a cada uma das entradas pulsadas.

```

/* Configura GPIOs que receberão os pulsos */

/* Contadores: input, com pull-up interno e interrupção na borda de descida */
io_conf_contadores.intr_type = GPIO_INTR_NEGEDGE;

io_conf_contadores.pin_bit_mask = GPIO_INPUT_CONTADOR_1_PIN_SEL;

io_conf_contadores.mode = GPIO_MODE_INPUT;

io_conf_contadores.pull_up_en = 1;
gpio_config(&io_conf_contadores);

io_conf_contadores.intr_type = GPIO_INTR_NEGEDGE;

io_conf_contadores.pin_bit_mask = GPIO_INPUT_CONTADOR_2_PIN_SEL;

io_conf_contadores.mode = GPIO_MODE_INPUT;

io_conf_contadores.pull_up_en = 1;
gpio_config(&io_conf_contadores);

//Instala ISR dos GPIOs
ESP_LOGI(CONTADORES_PULSOS_TAG, "Instalando ISRs dos contadores");
tempo_ref_contador_1 = esp_timer_get_time() / 1000;

tempo_ref_contador_2 = esp_timer_get_time() / 1000;

gpio_install_isr_service(ESP_INTR_FLAG_DEFAULT);

gpio_isr_handler_add(GPIO_CONTADOR_1, contador_1_isr_handler, (void*) GPIO_CONTADOR_1);

gpio_isr_handler_add(GPIO_CONTADOR_2, contador_2_isr_handler, (void*) GPIO_CONTADOR_2);

```

As funções de tratamento de interrupção de cada entrada pulsada são mostradas na listagem a seguir. Em ambos os casos, seu funcionamento é muito simples: é feito um processo de debounce (para não ser contabilizada a trepidação do sinal, algo muito comum em botões ou sistemas eletromecânicos, como o reed-switch de medidores de consumo de água, energia elétrica e gás) e, constatado que o sinal capturado é um pulso válido, o contador de pulsos referente a entrada pulsada em questão é incrementado em 1.

Para finalidades de se obter maior qualidade de código e segurança do valor contado, tais contadores são armazenados em filas unitárias, de forma a poderem ser acessados pelo ESP32 em qualquer ponto do código sem risco de corromper o valor do contador.

```

/*
 * Handlers das ISR dos contadores de pulsos
 */

static void IRAM_ATTR contador_1_isr_handler(void* arg)
{
    int64_t tempo_atual = esp_timer_get_time() / 1000;

    /* Tempo debounce: 100ms */
    if ( (tempo_atual - tempo_ref_contador_1) >= TEMPO_DEBOUNCE_PULSOS)
    {
        contador_pulsos_1++;

        xQueueOverwriteFromISR(fila_contador_pulsos_1, &contador_pulsos_1, NULL);

        tempo_ref_contador_1 = esp_timer_get_time() / 1000;
    }
}

static void IRAM_ATTR contador_2_isr_handler(void* arg)
{
    int64_t tempo_atual = esp_timer_get_time() / 1000;

    /* Tempo debounce: 100ms */
    if ( (tempo_atual - tempo_ref_contador_2) >= TEMPO_DEBOUNCE_PULSOS)
    {
        contador_pulsos_2++;

        xQueueOverwriteFromISR(fila_contador_pulsos_2, &contador_pulsos_2, NULL);

        tempo_ref_contador_2 = esp_timer_get_time() / 1000;
    }
}

```

PERSISTÊNCIA DOS VALORES DOS CONTADORES DE PULSOS

Os valores dos contadores de pulsos neste projeto possuem persistência, ou seja, periodicamente (a cada número de envios via LoRaWAN do contador, configuração está definida em NUM_ENVIOS_PARA_GRAVAR_CONTADORES_NVS) tais valores são salvos na memória não-volátil (NVS) do ESP32-C3. Dessa forma, se o projeto perder a alimentação (ou se, por qualquer motivo, o ESP32 reiniciar), o último valor de contadores salvo é resgatado.

O salvamento do valor dos contadores de pulsos é feito no código mostrado na listagem abaixo. Quando o total de envios chegar ao valor definido em NUM_ENVIOS_PARA_GRAVAR_CONTADORES_NVS, será feito o salvamento dos valores dos contadores de pulsos via função `grava_valor_contador_nvs()`.

```
/* Verifica se é momento de salvar na NVS os valores dos contadores */
```

```
if (total_de_envios == NUM_ENVIOS_PARA_GRAVAR_CONTADORES_NVS)
{
    grava_valor_contador_nvs(CHAVE_NVS_CONTADOR_1, contador_1);
    grava_valor_contador_nvs(CHAVE_NVS_CONTADOR_2, contador_2);
    total_de_envios = 0;
}
```

Já a leitura / resgate desse número de contadores é feito no código referente à listagem abaixo:

```
ESP_LOGI(CONTADORES_PULSOS_TAG, "Filas criadas / alocadas com sucesso"); le_valor_contador_nvs(CHAVE_NVS_CONTADOR_1, &contador_pulsos_1);
```

```
le_valor_contador_nvs(CHAVE_NVS_CONTADOR_2, &contador_pulsos_2);
```

```
while (xQueueOverwrite(fila_contador_pulsos_1, (void *)&contador_pulsos_1) != pdPASS);
```

```
while (xQueueOverwrite(fila_contador_pulsos_2, (void *)&contador_pulsos_2) != pdPASS);
```

É importante ressaltar que, caso a função `le_valor_contador_nvs()` não consiga ler da NVS o valor de um determinado contador de pulsos, ela retorna zero como consumo lido. Isso é útil no caso extremo de corrupção da NVS ou, ainda, se não existirem valores de contadores de pulsos gravados na NVS (como no caso da primeira inicialização, por exemplo).

A manipulação da NVS do ESP32-C3 neste projeto

pode ser verificada em detalhes no módulo `nvs_rw` deste projeto:

https://github.com/phfbertoleti/contador_pulsos_lorawan/tree/main/contador_pulsos_lorawan/main/nvs_rw

ENVIO LORAWAN DOS VALORES DOS CONTADORES

O envio dos valores de contadores por LoRaWAN é feito no módulo `envios_lorawan` do projeto, acessível em: https://github.com/phfbertoleti/contador_pulsos_lorawan/tree/main/contador_pulsos_lorawan/main/envios_lorawan.

Neste módulo, é feito o envio de forma periódica, de acordo com o definido em `TEMPO_MIN_ENTRE_ENVIOS_LORAWAN_MS`. Toda a tarefa / rotina de envio é mostrada na listagem abaixo, incluindo o resgate/leitura dos valores dos contadores e condensação destes em um array de bytes, conforme mostrado na codificação a seguir. Note que cada contador é armazenado em 4 bytes. Como a mensagem LoRaWAN a ser enviada contém, como payload, apenas os contadores, o payload LoRaWAN utilizado é de somente 8 bytes.

```
static void envios_lorawan_task(void *arg)
{
    char bytes_para_enviar[8] = {0};
    uint32_t contador_1 = 0;
    uint32_t contador_2 = 0;
    int qtde_bytes = 0;
    int i;
    char * pt_byte_contador;
    int64_t tempo_atual = 0;
    int64_t tempo_ref = 0;

    esp_task_wdt_add(NULL);

    tempo_ref = esp_timer_get_time() / 1000;

    while (1)
    {
        /* Aguarda momento do envio */
        tempo_atual = esp_timer_get_time() / 1000;
        if ( (tempo_atual - tempo_ref) < TEMPO_MIN_ENTRE_ENVIOS_LORAWAN_MS )
        {
            esp_task_wdt_reset();
```

```

continue;
}
else
{
tempo_ref = esp_timer_get_time() / 1000;
}

/* Le contadores de pulsos */
qtde_bytes = 8;
while (xQueuePeek(fila_contador_pulsos_1,
&contador_1, TEMPO_MAX_PARA_LER_DADO_FILA)
!= pdPASS)
{
esp_task_wdt_reset();
}

while (xQueuePeek(fila_contador_pulsos_2,
&contador_2, TEMPO_MAX_PARA_LER_DADO_FILA)
!= pdPASS)
{
esp_task_wdt_reset();
}

pt_byte_contador = (char *)&contador_1;
bytes_para_enviar[0] = *pt_byte_contador;
pt_byte_contador++;
bytes_para_enviar[1] = *pt_byte_contador;
pt_byte_contador++;
bytes_para_enviar[2] = *pt_byte_contador;
pt_byte_contador++;
bytes_para_enviar[3] = *pt_byte_contador;

pt_byte_contador = (char *)&contador_2;
bytes_para_enviar[4] = *pt_byte_contador;
pt_byte_contador++;
bytes_para_enviar[5] = *pt_byte_contador;
pt_byte_contador++;
bytes_para_enviar[6] = *pt_byte_contador;
pt_byte_contador++;
bytes_para_enviar[7] = *pt_byte_contador;

```

```

ESP_LOGI(ENVIOS_LORAWAN_TAG, "Pay-
load a ser enviado:");
for(i=0; i<8; i++)
{
ESP_LOGI(ENVIOS_LORAWAN_TAG, "Byte
%d: %02X", i, bytes_para_enviar[i]);
}

envia_mensagem_binaria_lorawan_ABP(by-
tes_para_enviar, qtde_bytes);
total_de_envios++;
ESP_LOGI(ENVIOS_LORAWAN_TAG, "Envio
%d LoRaWAN feito. Envios faltantes para o salvamento
na NVS: %d", total_de_envios,
NUM_ENVIOS_PARA_GRAVAR_CONTADORES_
NVS - total_de_envios);
/* Verifica se é momento de salvar na NVS os
valores dos contadores */
if (total_de_envios == NUM_ENVIOS_PARA_
GRAVAR_CONTADORES_NVS)
{
grava_valor_contador_nvs(CHAVE_NVS_CON-
TADOR_1, contador_1);
grava_valor_contador_nvs(CHAVE_NVS_CON-
TADOR_2, contador_2);
total_de_envios = 0;
}
}

```

Note que a listagem acima não compreende a formação dos comandos AT a serem enviados ao módulo LoRaWAN SMW SX1262M0. Tal formatação é feita internamente na função `envia_mensagem_binaria_lorawan_ABP()`. Para maiores informações de como formatar tais comandos AT, consulte o módulo LoRaWAN do projeto (acessível em: https://github.com/phfbertoleti/contador_pulsos_lorawan/tree/main/contador_pulsos_lorawan/main/LoRaWAN) e também o manual oficial de comandos AT do módulo LoRaWAN SMW SX1262M0 acessível em [https://1494345701-files.gitbook.io/~files/v0/b/gitbook-x-prod.appspot.com/o/spaces%2Fk4vm-1BAonZb0lJir85Kt%2Fuploads%2FQkG7MKtIzI7jsVAR-qcBi%2FManual_LoRa_AT_Command_v1.0_en%20\(v2.2\).pdf?alt=media&token=e9705c48-a8e5-452f-860d-67ee7baeb5a9](https://1494345701-files.gitbook.io/~files/v0/b/gitbook-x-prod.appspot.com/o/spaces%2Fk4vm-1BAonZb0lJir85Kt%2Fuploads%2FQkG7MKtIzI7jsVAR-qcBi%2FManual_LoRa_AT_Command_v1.0_en%20(v2.2).pdf?alt=media&token=e9705c48-a8e5-452f-860d-67ee7baeb5a9)

Importante:

As credenciais LoRaWAN (chaves e endereço do dispositivo) devem ser substituídas no arquivo LoRaWAN.c do módulo LoRaWAN do projeto, no trecho destacado na listagem a seguir. Antes de usar o projeto, substitua tais credenciais pelas suas (obtidas com seu distribuidor de conectividade LoRaWAN).

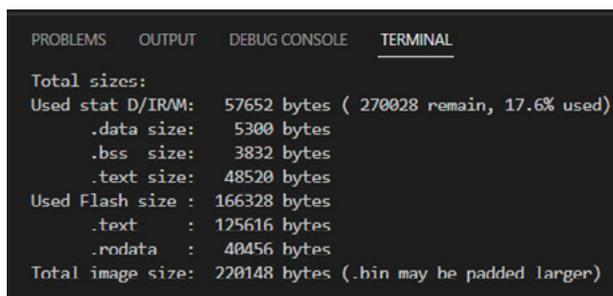
```
/* Credenciais LoRaWAN */  
  
static const char DEVADDR[] = "00:00:00:00";  
  
static const char APPSKEY[] = "00:00:00:00:00:00:00:00:00:00:00:00:00:00:00:00";  
  
static const char NWKSKEY[] = "00:00:00:00:00:00:00:00:00:00:00:00:00:00:00:00";  
  
static const char APPEUI[] = "00:00:00:00:00:00:00:00";  
  
Abrindo, compilando, gravando e testando o projeto
```

Primeiramente, é preciso que você tenha em seu computador o projeto. Se ainda não tiver, baixe-o de forma compactada (.zip) diretamente no link: https://github.com/phfbertoleti/contador_pulsos_lorawan/archive/refs/heads/main.zip. Uma vez baixado, basta descompactar em qualquer pasta de fácil acesso no seu computador.

Com o projeto baixado e descompactado, abra-o no Visual Studio Code clicando em File > Open Folder. Você deve mandar abrir a pasta na qual descompactou o projeto.

Para compilar o projeto, clique no botão na barra azul inferior da tela do Visual Studio Code.  O processo pode demorar alguns minutos, a depender das configurações de seu computador e como está o uso de CPU dele, no momento da compilação. Após a compilação, será confirmada que esta foi bem-sucedida na tela do terminal exibida na parte inferior da tela do Visual Studio Code, conforme mostrado na figura 4.

Uma vez compilado com sucesso, você pode gravar no ESP32-C3 o software e testá-lo. Para gravação, conecte o ESP32-C3 no seu computador via cabo USB e clique



```
PROBLEMS  OUTPUT  DEBUG CONSOLE  TERMINAL  
  
Total sizes:  
Used stat D/IRAM: 57652 bytes ( 270028 remain, 17.6% used)  
  .data size: 5300 bytes  
  .bss size: 3832 bytes  
  .text size: 48520 bytes  
Used Flash size : 166328 bytes  
  .text : 125616 bytes  
  .rodata : 40456 bytes  
Total image size: 220148 bytes (.bin may be padded larger)
```

Figura 4 - finalização e confirmação de compilação bem-sucedida do projeto

no botão na barra azul inferior da tela do Visual Studio Code.  Serão exibidas mensagens sobre a gravação, aguarde a finalização do processo. Ao fim do processo de gravação, será exibida a mensagem:

```
Leaving...  
  
Hard resetting via RTS pin...
```

Agora, você já pode testar o projeto verificando todas as mensagens de debug que ele vai gerando conforme funciona. Para isso, clique no botão na barra azul inferior da tela do Visual Studio Code.  Aplique pulsos (de forma a ser um contato seco, chaveando GND) nos GPIOs 3 e 4 e verifique, via mensagens de debug, os contadores sendo incrementados.

CONCLUSÃO

Neste artigo, foi possível aprender que, normalmente, instrumentos de medição de consumo de água, gás e energia elétrica disponibilizam ao mundo externo (demais dispositivos eletrônicos) suas medições via saídas pulsadas. Isso torna possível o desenvolvimento de dispositivos capazes de contabilizar e enviar a nuvem as medições destes instrumentos, dispositivo este alvo do exemplo prático abordado no artigo. Isso possibilita um cenário onde medições remotas para fins de tarifação e detecção de irregularidades no consumo (vazamentos, por exemplo) podem ser feitas com rapidez, precisão e exatidão, sem intervenção humana.

Com base no projeto aqui apresentado, é possível se expandir para projetos muito interessantes, como a tarifação na individualização de consumo (gás, água e energia) em condomínios e a detecção de vazamentos de água em residências, condomínios e distribuidores de água.

REFERÊNCIAS

Projetos com ESP32 e LoRa - <https://www.newton-braga.com.br/index.php/42-newton-c-braga/biblioteca/16608-projetos-com-esp32-e-lora>

FACULDADE

SENAI



TECNOLOGIA E INOVAÇÃO NA FACULDADE DA INDÚSTRIA

CONHEÇA NOSSOS CURSOS E INSCREVA-SE!

faculdades.sp.senai.br

CIRCUIT DIAGRAM 1

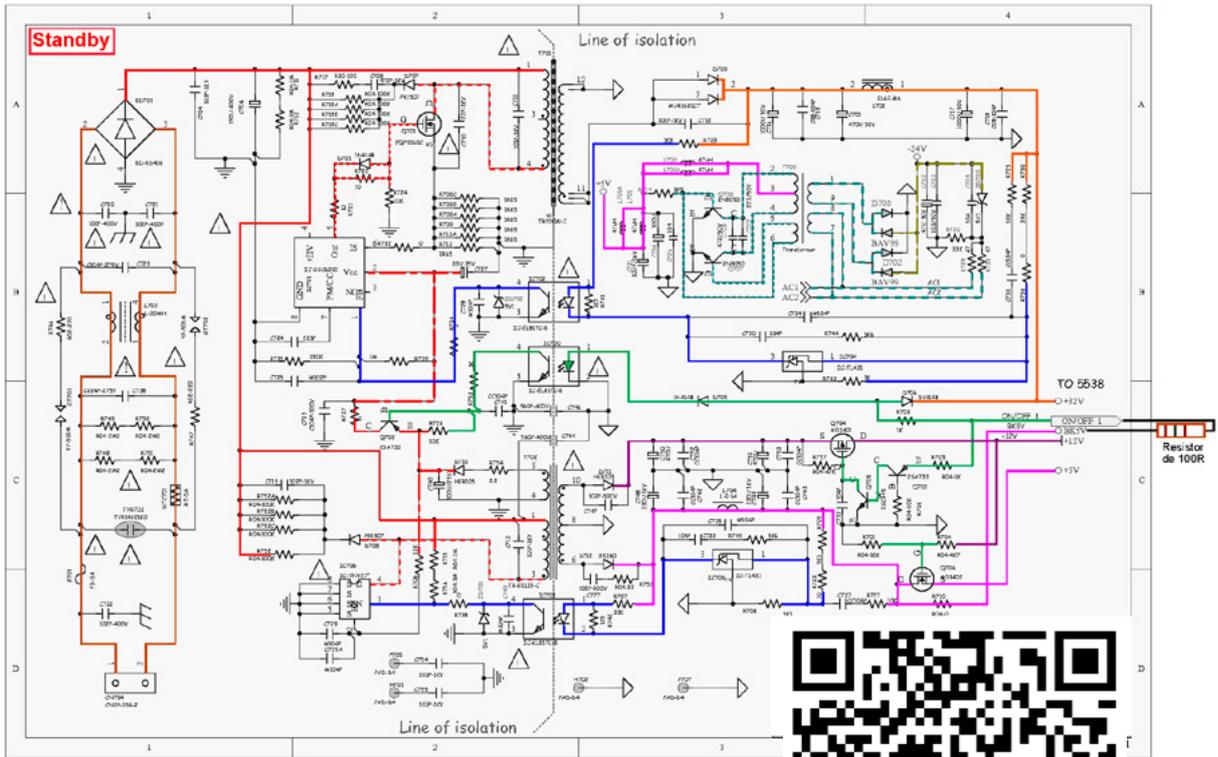


Figura 1 - Link do PDF



TESTES DE TENSÃO NA FONTE DO MINISYSTEM FWP2000

≡ Luis Carlos Burgos

Temos no esquema elétrico a seguir a fonte de alimentação de um equipamento de som da Philips modelo FWP2000. Cada cor representa uma tensão ou sinal que esta fonte trabalha. Há uma cópia deste esquema no formato PDF neste QR code da figura 1 acima.

No centro deste esquema há dois transformadores chaveadores, o superior pertence à fonte de 32 V para alimentação do circuito de saída de áudio do tipo classe D, enquanto o inferior pertence à fonte de alimentação dos demais circuitos do equipamento. As cores das linhas

pintadas neste esquema (o qual pode ser acessado via QR code ou link) estão distribuídas desta forma: Marrom = entrada de rede; Vermelho = Alimentação e sinais de para as fontes; Azul = Feedback de correção das fontes; Verde = Liga/desliga; Demais cores = Diversas tensões oferecidas pelas fontes. No esquema a seguir temos as tensões obtidas com a fonte na condição de standby (modo de espera), veja a figura 2.

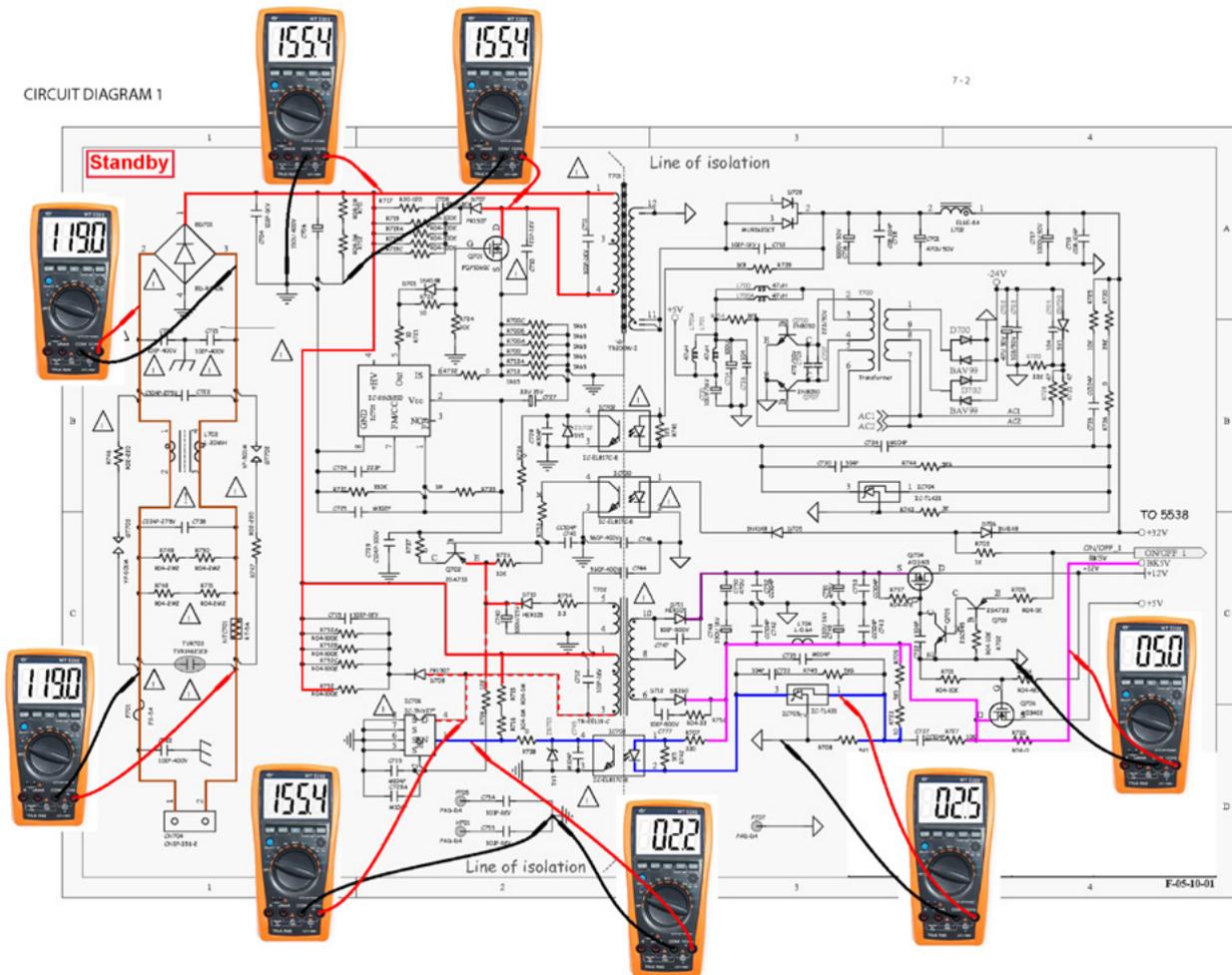
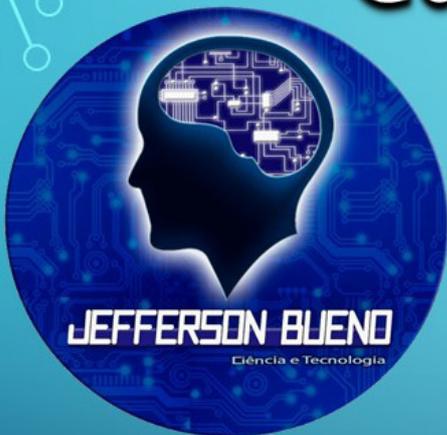


Figura 2 - Tensões obtidas em modo standby.

Canal Jefferson Bueno



Canal destinado ao uso intencional da eletrônica, ciência e tecnologia repleto de informações.

Acesse: www.youtube.com/c/JeffersonBueno



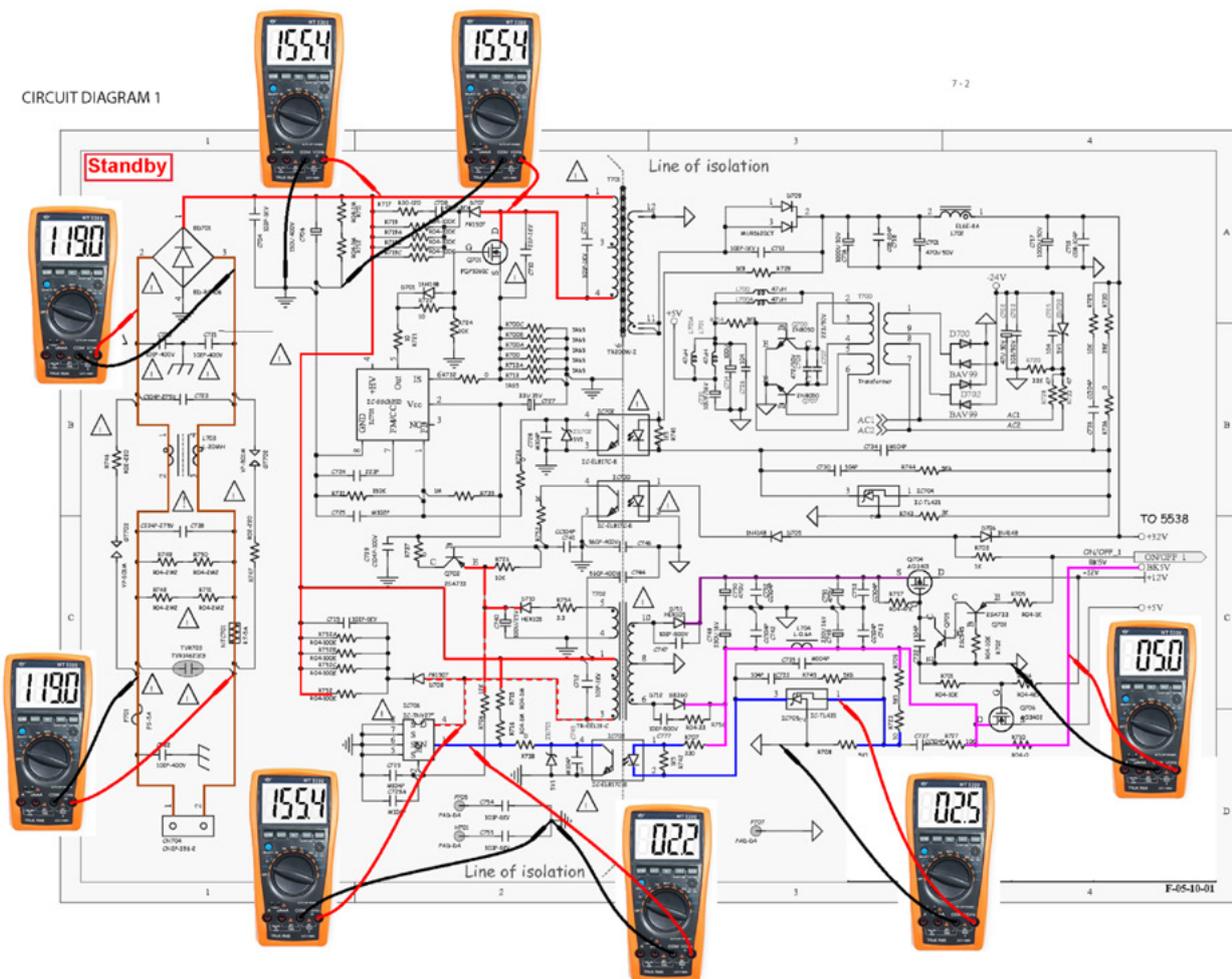


Figura 3 - Medidas com a fonte conduzindo.

Para que a fonte possa ligar desconectada da placa principal do aparelho colocamos um resistor de 100 ohms entre a saída de 5 V da fonte de standby e o terminal ON/OFF. Assim se obtivermos todas as tensões indicadas pelos multímetros a fonte está funcionando perfeitamente. Fizemos duas lives sobre esta fonte no canal Burgoseletronica do YouTube que podem ser acessadas através dos QR codes a seguir:

Live 1 da fonte FWP2000



Live 2 da fonte FWP2000



A Burgoseletronica Ltda vende cursos e livros técnicos nos endereços a seguir:

<http://burgoseletronica.com.br>

<http://www.lojaburgoseletronica.com.br/>

Canal no YouTube:

www.youtube.com/c/Burgoseletronica05



aureside

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE AUTOMAÇÃO RESIDENCIAL E PREDIAL

ACESSE O SITE

www.aureside.org.br



HÁ 20 ANOS

a AURESIDE difunde tecnologias, treina, forma profissionais e fomenta o mercado de Automação Residencial e Predial

Conheça os benefícios exclusivos dos associados da AURESIDE

- Treinamentos presenciais e a distância •
- Descontos em eventos • Divulgação de Produtos e Serviços • Comunicação e Imprensa
- Estímulo à demanda de mercado
- Representatividade • Participação •
- Base de dados cadastrais • Apoio Institucional •
- Rede de Contatos





AUTENTICADOR DE SEGURANÇA DE EEPROM MAX66250

≡ Renato Paiotti

Este CI da Analog Device visa proteger dados e a integridade de um sistema contra tentativas de ataques, como também de uso indevido. Com ele é possível proteger os direitos do seu projeto contra falsificações. Para entender o seu funcionamento, vamos exemplificar em algumas aplicações o motivo da sua criação.

APARELHOS HOSPITALARES

O MAX66250 foi desenvolvido para ser aplicado em aparelhos médicos que precisam ser calibrados ou verificados por aparelhos específicos, homologados e proprietários.

Imagine que você desenvolveu um sistema de aparelhos médicos e precisa ser calibrado de tempos em tempos por uma ferramenta que você desenvolveu. Para que nenhum equipamento genérico possa fazer o serviço, você utiliza o MAX66250, que gera uma chave criptografada onde o aparelho deixa ser calibrado se a chave estiver correta.

MOVIMENTAÇÃO FINANCEIRA

Para máquinas de cartões NFC ou caixas eletrônicos podem se valer dos recursos do MAX66250, assim como os descritos acima, onde a transação é feita se a chave estiver correta.

GARANTIA DE AUTENTICIDADE E CONTROLE DE DRIVES

Você poderá utilizar os recursos deste CI para proteger o seu sistema contra fraudes, onde através de uma chave, você poderá identificar cópias não originais de seus

projetos. O mesmo recurso é utilizado em impressoras que verificam se os cartuchos colocados nela são originais ou não. Outro ponto interessante é utilizar estes recursos para que as atualizações e sistemas adicionais sejam instalados somente com a chave correta.

A SEGURANÇA DO MAX66250

Os algoritmos utilizados é o SHA-3 (FIPS 202-Compliant) e HMAC (FIPS 198-Compliant, transações autenticadas de escrita e leitura da EEPROM, armazenamento de dados criptografados, leitura autenticada com um contador configurável não volátil de 17 bits, ROM com ID de fábrica de 64 bits exclusivo e inalterado, baseado no ISO/IEC1569, entre outros.

O FUNCIONAMENTO

Na figura 1 temos uma aplicação típica de uso do MAX66250, onde podemos ver que o sistema é ativado somente com a verificação da chave autenticada. Já na figura 2 temos o diagrama de blocos, onde podemos ver o fluxo dos dados e notar que a comunicação com o sistema se dá apenas por 2 pinos, o AC1 e AC2. A corrente máxima entre os pinos AC1 e AC2 é de 30 mA, a tensão máxima em qualquer pino é de -0,5 V até 4 V e a faixa de temperatura que ele trabalha é de -40°C e +85°C.

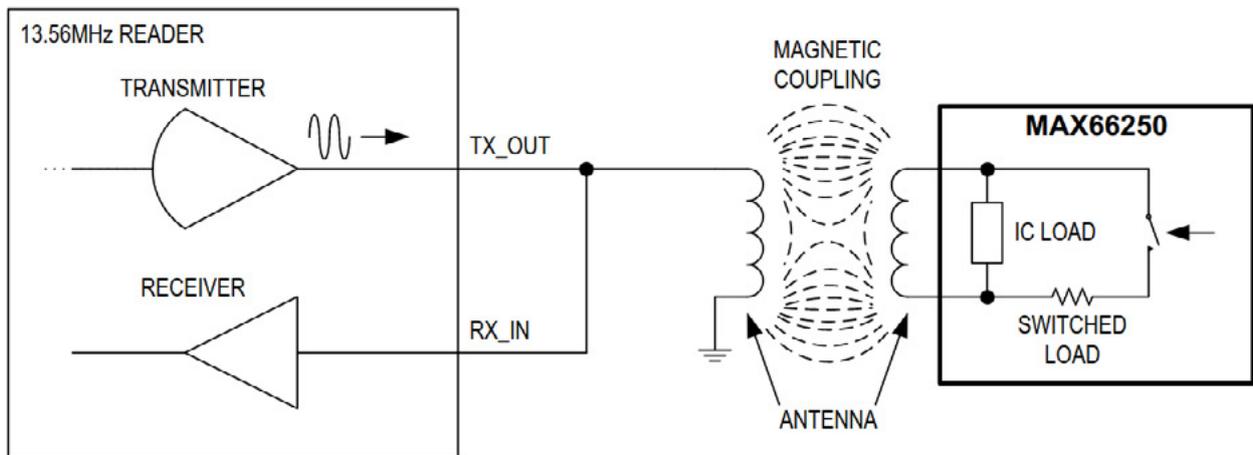


Figura 1 – Aplicação Típica.

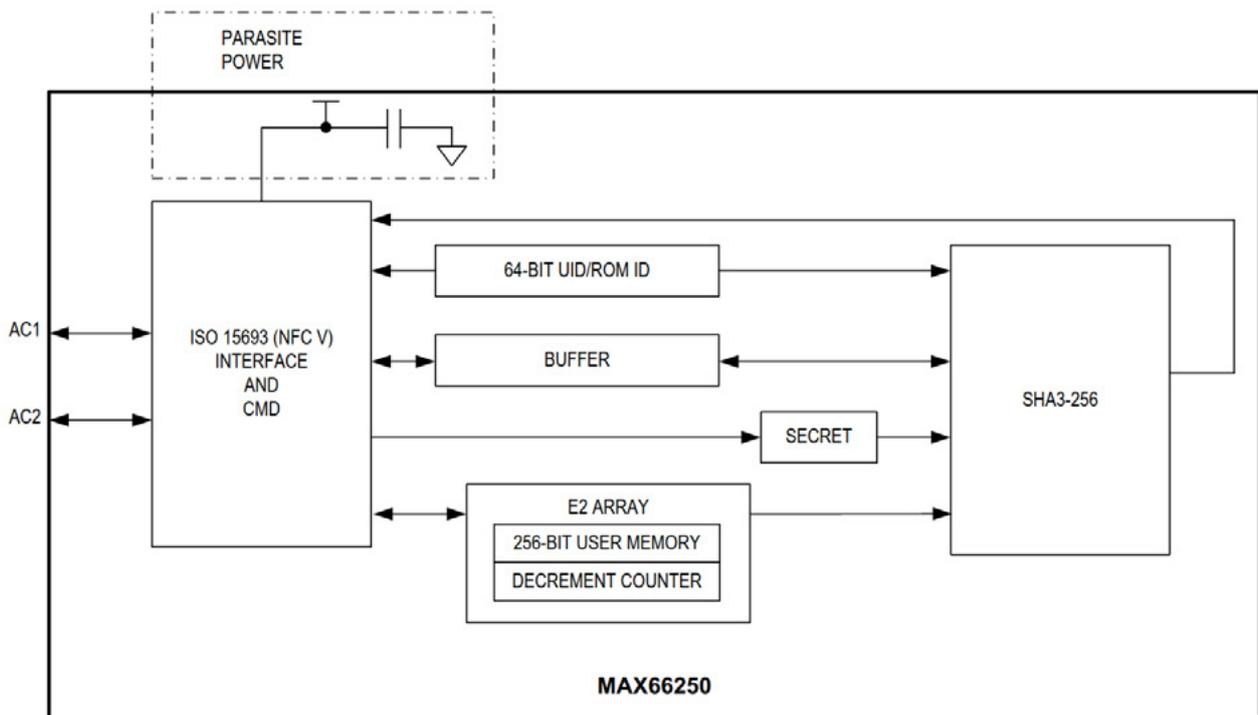


Figura 2 – Diagrama de Blocos do MAX66250

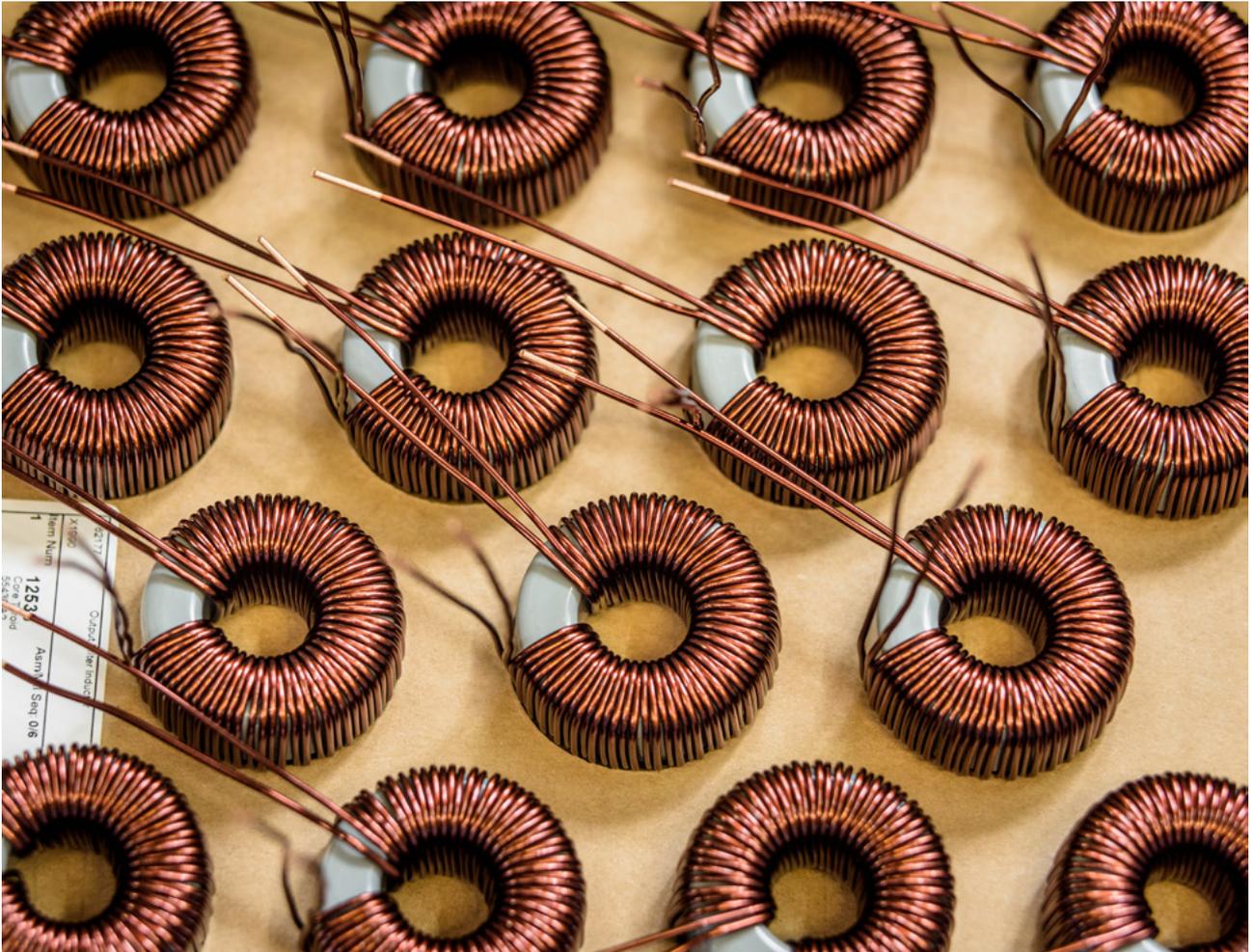
REFERÊNCIAS

Esquema Elétrico da Ferramenta desenvolvimento

<https://www.analog.com/media/en/technical-documentation/eval-board-schematic/max66301-25xevkit-schematic.pdf>

Links para datasheet no QR-Code ao lado





MATERIAIS ABSORVEDORES DE EMI

≡ **Newton C. Braga**

Novos materiais para aplicações eletrônicas estão em constante desenvolvimento. Desde o uso da mica em isoladores elétricos, mas condutores de calor, passando pelas cerâmicas e materiais para invólucros de componentes, nos nossos tempos de aplicações de RF, uma nova categoria de materiais passa a ocupar posição de destaque na nossa tecnologia. Os absorvedores de EMI de que trataremos neste artigo.

Nas aplicações modernas da tecnologia sem fio envolvendo geração e recepção de sinais na faixa de mega, giga e mesmo Terahertz, a produção de EMI (Interferência Eletromagnética) é um ponto crítico nos projetos.

Trabalhos com sinais muito fracos, ocupando uma faixa estreita do espectro e esses sinais podem ser responsáveis por problemas de EMI que afetam o funcionamento de circuitos.

Antigamente, a preocupação era com sinais que se propagavam pela rede de energia ou que eram irradiados por fios e trilhas das placas de circuito impresso. Atualmente,

com frequências cada vez mais elevadas sendo usadas, os sinais interferentes podem ser gerados pelos próprios chips.

Assim, entra em cena um componente novo dos projetos eletrônicos que o material absorvedor de EMI.

MATERIAIS ABSORVEDORES DE EMI

Uma forma de se evitar a irradiação de sinais de alta frequência que possam causar interferências em circuitos próximos é com o uso da gaiola de Faraday, montando os componentes ou o circuito numa blindagem, conforme mostra a figura 1.

No entanto, nem sempre isso é possível, conveniente ou barato, levando-se em conta que o ruído gerado por estar num simples chip e tanto o posicionamento como o formato do componente dificultam a adoção deste tipo de solução.

Assim, entra em cena a possibilidade de cobrirmos o

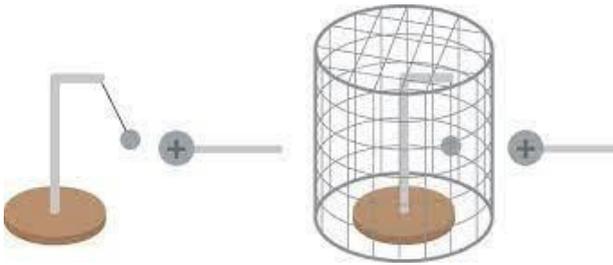


Figura 1- Gaiola de Faraday

chip com um material que possa absorver os sinais eventualmente emitidos e que possam ser fonte de interferência, formando uma blindagem ou absorvedor parcial.

Essas blindagem podem ter a forma de pequenos pedaços de material que já tem uma superfície adesiva e com isso podem ser fixados diretamente sobre o componente que irradia interferência, ou mesmo recebe, conforme mostra a figura 2.

A TECNOLOGIA

A ideia básica que temos é de que um pedacinho de metal devidamente aterrado funcionaria, mas existem soluções mais econômicas, mais leves e mais convenientes que não dependem de aterramento.

Assim, existem hoje disponíveis dois tipos de materiais absorventes usados com esta finalidade.

O primeiro tipo é o formado por um material dielétrico que atua diretamente sobre a componente elétrica do



Figura 2 – Os materiais absorventes

campo produzido pelo sinal interferente. Esse material normalmente tem por base o carbono ou o carboneto de silício eventualmente impregnado com esponjas de poliuretano ou materiais baseados em borracha (figura 3).

O segundo tipo é o magnético que é baseado nas propriedades que agem sobre a componente magnética do campo criado. São materiais baseados em ferro com os usados em filtros para circuitos. Temos então materiais de ferrite sinterizada como exemplo (figura 4).

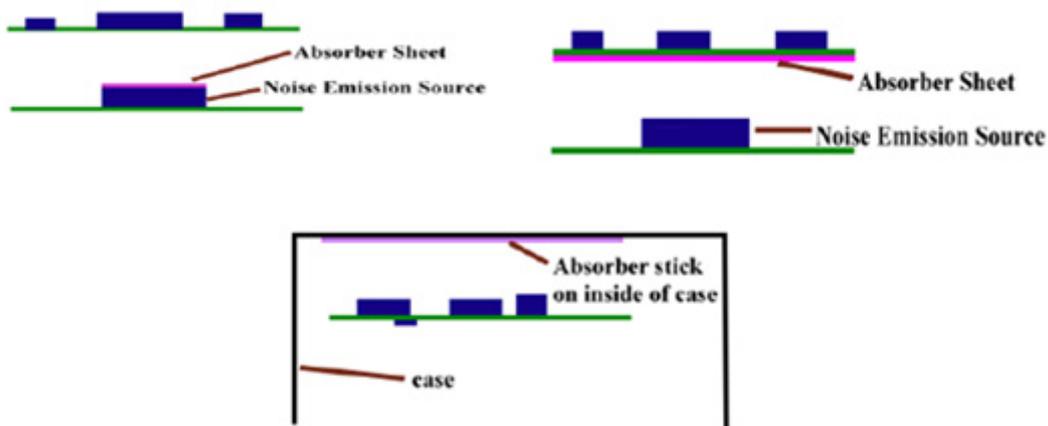


Figura 3 – Posicionamentos possíveis para os materiais

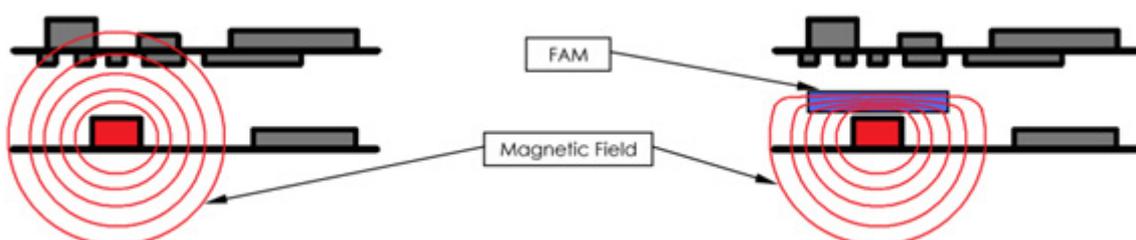


Figura 4 – Absorvedores de campo magnético

Na figura 4 mostramos como este tipo de absorvedor funciona. À esquerda temos o campo magnético produzido atingindo uma placa próxima e seus componentes, induzindo assim sinais interferentes. À direita temos o modo como o material absorvedor impede que a componente magnética da interferência se propague e atinja o circuito próximo.

CARACTERÍSTICAS E TIPOS

Ao analisar das características de um absorvedor devemos levar em conta três grandezas:

- Perdas por absorção
- Reflectividade
- Atenuação

Outra característica importante que deve ser observada na escolha do tipo para uma aplicação é a faixa de atenuação. Tipos comuns podem ser usados com frequências de 10 kHz a mais de 30 GHz.

Assim, os absorvedores normalmente são especificados de acordo com as faixas frequências da seguinte maneira:

- LF (Baixas frequências): 30 a 300 kHz (RFID 125 kHz, carga sem fio, indução)
- HF (altas frequências): 3 a 30 MHz (RFID 13,56 MHz, NFC)
- VHF (frequências muito altas): 30 a 300 MHz (rádio)
- UHF (frequências ultra altas): 300 a 1.000 MHz (RFID 800-900 MHz, Lora, Sigfox, telecomunicações como 5G 600 a 700 MHz)
- SHF (frequências super altas): 3 a 30 GHz (sistemas Telecom 5G 2,5/3,4 GHz e 3,8/4,5 GHz também 28 a 39 GHz, aplicativo Wifi 2,4-2,5 GHz e 5 GHz)
- Incluindo as seguintes bandas: L (1 a 2 GHz), S (2 a 4 GHz), C (4 a 8 GHz), X (8 a 12 GHz), Ku (12 a 18 GHz), K (18 a 27 GHz) e Ka (27 a 40 GHz)

Também podem ser encontrados produtos para bandas mais altas como:

- Banda V: 40 a 75 GHz
- Banda W: 75 a 110 GHz
- mm Banda: 110 a 30 GHz

Para absorção na faixa de SHF e frequências mais altas, é melhor escolher uma peça totalmente metálica para blindagem eletromagnética.

Também deve ser levado em conta que a RF absorvida representa energia e neste caso ela é convertida em ca-

lor. Assim, dependendo da potência envolvida no processo, o material pode se aquecer.

Na prática temos então os seguintes tipos:

- absorvedores de microondas de folha de borracha
- absorvedores de microondas de espuma à base de carbono
- materiais de câmara anecóica
- favo de mel e absorvedores de microondas de alta potência
- materiais de estoque dielétrico de baixa perda
- absorvedores de microondas pulverizáveis
- radomes e estruturas de absorção de radar
- absorvedores de microondas rígidos e moldáveis
- adesivos

Na Mouser Electronics podem ser encontrados produtos desta linha sendo destacados os da Laird Performance Materials Eccosorb™ RF-LB EMI Noise Suppression Absorbers.

Esta empresa trabalha como uma ampla linha de absorvedores de ruído EMI que são encontrados em diversos formatos de acordo com a aplicação, conforme mostra a figura 5.

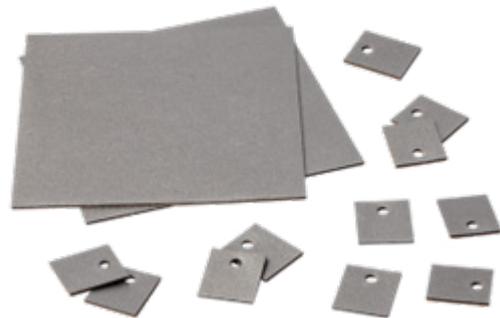


Figura 5 – A linha RF-LW da Laird para microondas.

Mais detalhes no QR-CODE abaixo:



MANUAL DE MECATRÔNICA

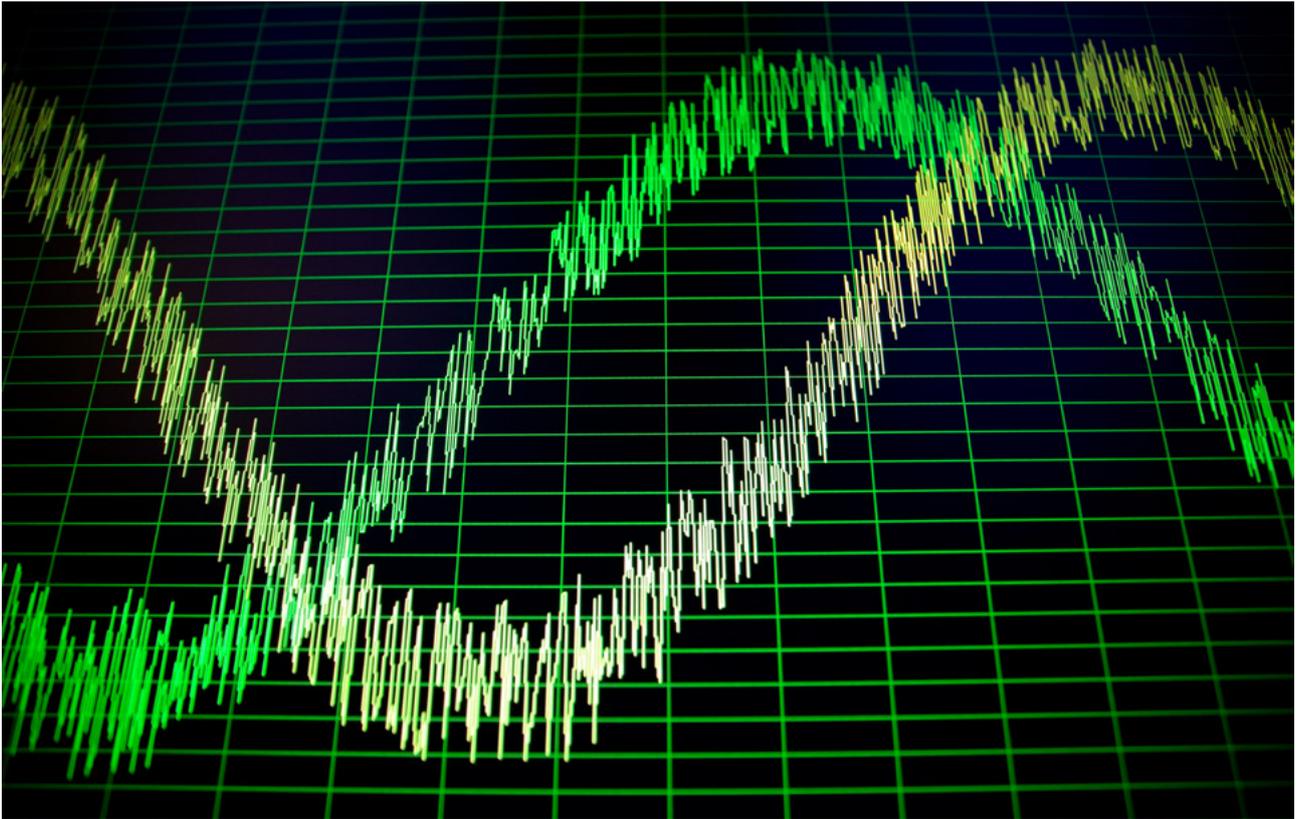
Reunimos neste livro uma enorme quantidade de informações, fórmulas e tabelas para ajudar àqueles que elaboram projetos, fazem instalações ou reparos em máquinas, circuitos, automatismos e muito mais. O autor apresenta de forma didática as ciências por trás de cada uma das áreas que envolvem a Mecatrônica.

Uma obra onde o autor nos leva passo a passo do conceito à montagem de protótipos simples utilizados no ensino da Mecatrônica.

IMPRESSO
OU E-BOOK

+INFORMAÇÕES





ENTENDA TODAS AS CLASSES DE AMPLIFICAÇÃO

≡ Dr. Eng. Wagner Rambo

Doutor Honoris Causa - Engenharia Eletrônica pela Emill Brunner World University em abril de 2021

<https://www.instagram.com/wagnerrambo/>

INTRODUÇÃO

Amplificadores estão entre os projetos mais almejados por todo o praticante de eletrônica. Provavelmente pelo fato de apresentarem uma utilidade prática que todos conseguimos compreender: amplificar sinais de áudio! Outro motivo é sua relativa facilidade de construção, dependendo da topologia. Iniciantes e até mesmo pessoas com certa experiência, podem ter dúvidas em relação à classe de amplificação. Você quer construir um amplificador, mas por qual classe começar? O objetivo desse artigo é apresentar um resumo de todas as Classes de amplificação, ao concluir sua leitura, você já terá condições de identificá-las sem qualquer dificuldade.

Tenha em mente o seguinte: o que define uma Classe em um amplificador não é a sua topologia, muito menos os componentes que são utilizados no projeto. O que vai definir a Classe do amplificador será o condicionamento do sinal. Em outras palavras, é quanto do sinal os componentes ativos de amplificação vão conduzir.

CLASSES GENUÍNAS

O que pode confundir muitos projetistas é a quantidade enorme de Classes menr aí, uma verdadeira sopa de letrinhas. No entanto, até hoje existem apenas 5 classes genuínas (que podemos de fato considerar como uma Classe de amplificação), são elas: A, B, AB, C e D.

CLASSE A

A operação em Classe A foi a primeira existente, desenvolvida por Lee De Forest no início do século XX, sendo um amplificador valvulado. A letra 'A' indica ser o primeiro amplificador criado, afinal é a primeira letra do alfabeto. Um amplificador Classe A tem excelente fidelidade e normalmente utilizamos a técnica em etapas de pré-amplificação, onde há menor consumo. Como o componente ativo está polarizado de forma constante temos o sério problema de baixa eficiência, sempre inferior a 50%, quando utilizamos uma etapa de potência em Classe A. O sinal excursiona de forma completa pelo componente ativo (360°), como você pode observar na Figura 1. O sinal está representado em forma de corrente elétrica.

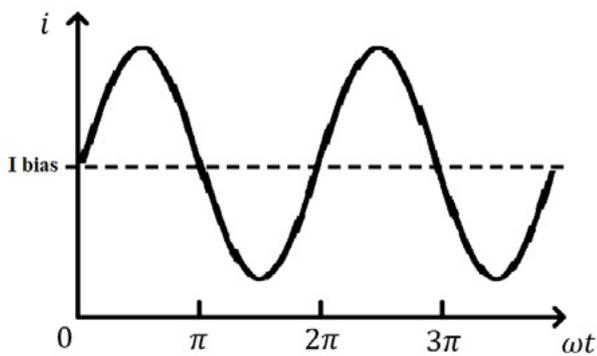


Figura 1 – Excursão do sinal em Classe A.

Conforme mencionado, podemos utilizar a Classe A como amplificador de potência quando desejarmos a melhor fidelidade possível, mas pagamos o preço da potência e da eficiência. Em geral, utilizamos a Classe A na etapa de pré-amplificação, pois já sabemos que o consumo é menor nesse setor do circuito. Veja na Figura 2 um circuito que pode operar em Classe A, é o nosso conhecido amplificador em emissor comum com TBJ.

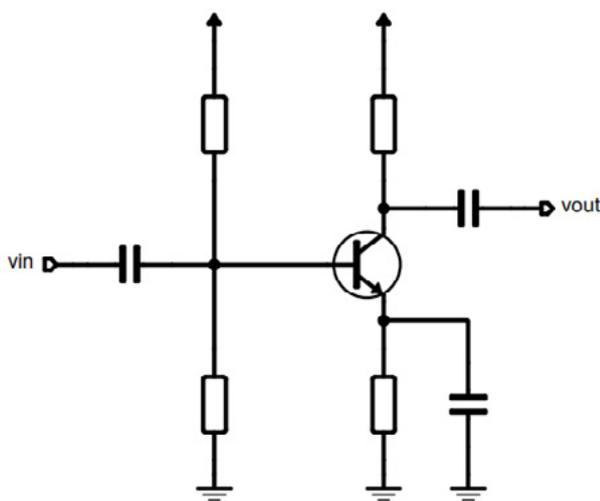


Figura 2 – Amplificador Classe A com transistor.

Como o transistor está sempre polarizado em sua região ativa (dependendo do valor dos resistores), teremos condução constante de corrente mesmo sem qualquer sinal de entrada, ou seja, o dispositivo está sempre pronto para tratar o sinal, mas temos um consumo alto sempre presente para mantê-lo polarizado. Para que o transistor NPN encontre-se na região ativa, a tensão de coletor deve ser maior que a tensão de base, que deve por sua vez ser maior que a tensão do emissor.

Como o transistor está sempre polarizado em sua região ativa (dependendo do valor dos resistores), teremos condução constante de corrente mesmo sem qualquer sinal de entrada, ou seja, o dispositivo está sempre pronto para tratar o sinal, mas temos um consumo alto sempre presente para mantê-lo polarizado. Para que o transistor NPN encontre-se na região ativa, a tensão de coletor deve ser maior que a tensão de base, que deve por sua vez ser maior que a tensão do emissor.

CLASSE B

Segunda Classe genuína desenvolvida (por isso a letra 'B'), sendo criada especialmente para aumentar a eficiência do amplificador. Mas, aumentando a eficiência, perdemos em fidelidade. A eficiência teórica de um Classe B gira em torno de 78,5% e o sinal excursiona em 180° pelo elemento ativo do circuito, como você pode observar na Figura 3. Em campos de batalha na primeira metade do século XX, quando não existia outra tecnologia, os soldados se comunicavam com amplificadores em Classe B, pois as baterias deveriam durar mais tempo. Nesse contexto, mais vale termos tempo de bateria no rádio e ainda assim compreendermos o que é falado, do que uma excelente fidelidade com baixa vida útil de bateria. O Classe B viabiliza o projeto com potências mais elevadas, justamente por apresentar alta eficiência.

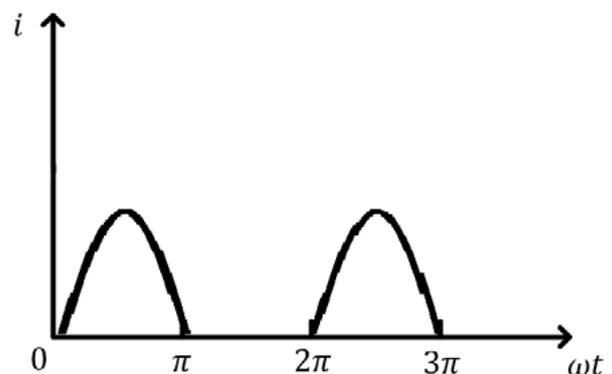


Figura 3 – Excursão do sinal em Classe B.

Logicamente, precisamos de pelo menos 2 transistores, cada um responsável por um semiciclo do sinal. Veja uma topologia simples de Classe B na Figura 4.

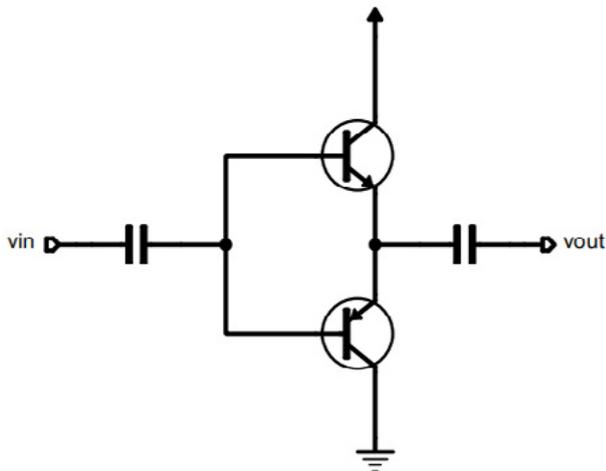


Figura 4 – Amplificador Classe B com transistores.

Em casos simples onde a fidelidade não importa muito e você quer alta eficiência e boa potência, utilize a Classe B, pois é a mais simples de projetar e a que terá menor custo. Um exemplo é em sistemas de alarme, afinal o som gerado não precisa ter fidelidade, precisa soar alto. Também é interessante pensar no uso de Classe B para robôs autônomos, gerando seus sons de sinalização. O transistor NPN conduz o semiciclo positivo e o PNP conduz o semiciclo negativo do sinal. Em caso de ausência de sinal, esses transistores estarão cortados, consumindo praticamente nada da fonte principal. No entanto surge a famosa distorção no cruzamento (crossover distortion) no tempo necessário para que eles sejam polarizados na região ativa pelo próprio sinal aplicado. O aspecto da distorção de crossover pode ser observado na Figura 5.

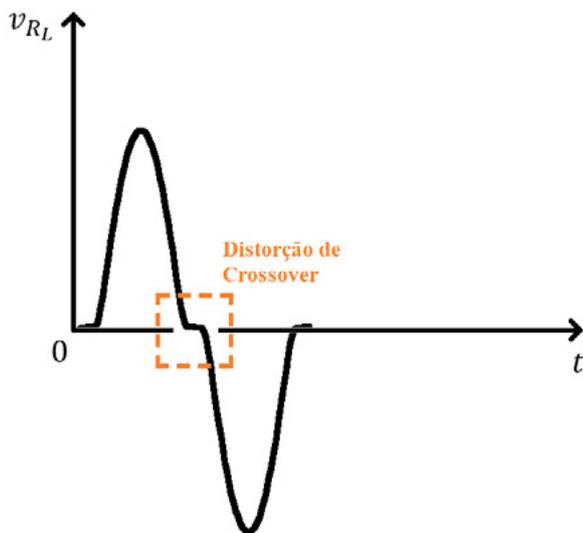


Figura 5 – Distorção de crossover presente no Classe B.

CLASSE AB

Buscando-se desenvolver um amplificador com boa fidelidade e manter a sua eficiência, foi criada a Classe AB,

que recebe esse nome por reunir o melhor dos dois mundos entre a Classe A e a Classe B. Ainda assim, é uma classe genuína pois tem uma característica particular de condicionamento do sinal, onde os dispositivos ativos do circuito vão conduzir cerca de 210°. No caso de transistores, eles encontram-se polarizados ligeiramente acima da região de corte, justamente para contornar o problema causado pela distorção de crossover, isso permite uma eficiência na faixa de 50% até 78,5%. A esmagadora maioria dos amplificadores comerciais são em Classe AB, que certamente é a Classe mais bem sucedida comercialmente falando. Veja na Figura 6 como se dá a excursão do sinal.

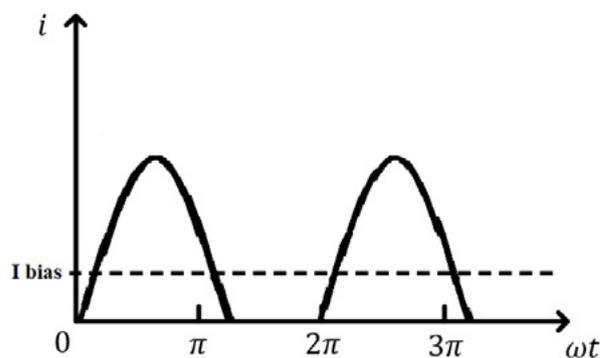


Figura 6 – Excursão do sinal em Classe AB.

Precisamos de uma fonte de tensão entre as bases dos transistores de modo a polarizá-los em uma região superior ao corte, o valor dessa tensão geralmente é igual 2 a vezes a queda de Vbe, logo, em transistores de silício, fica em torno de 1,4V. Esse valor pode ser obtido com a polarização de 2 diodos de silício entre as bases. É comum também o uso de um multiplicador de Vbe, que viabiliza o ajuste da tensão de repouso do amplificador. Na Figura 7 você pode observar uma topologia bem comum de amplificador em Classe AB.

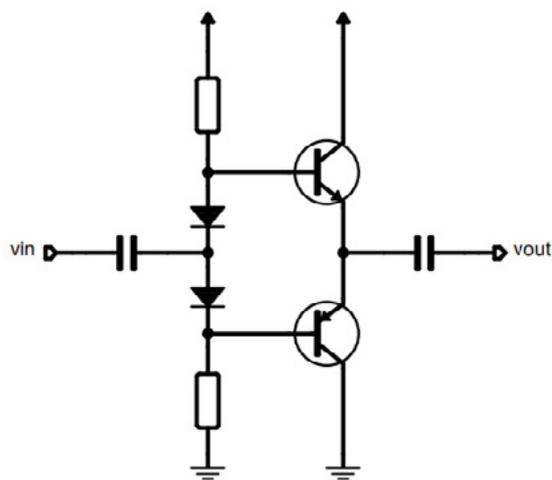


Figura 7 – Amplificador em Classe AB com transistores.

O sinal é aplicado no meio dos diodos, mas também pode ser aplicado na base do PNP ou na base do NPN. Procure observar o seguinte: quando o sinal de entrada estiver variando, teremos essa variação ocorrendo também na base do transistor NPN e na base do transistor PNP, só que com cerca de 1,4V de distância (Figura 8).

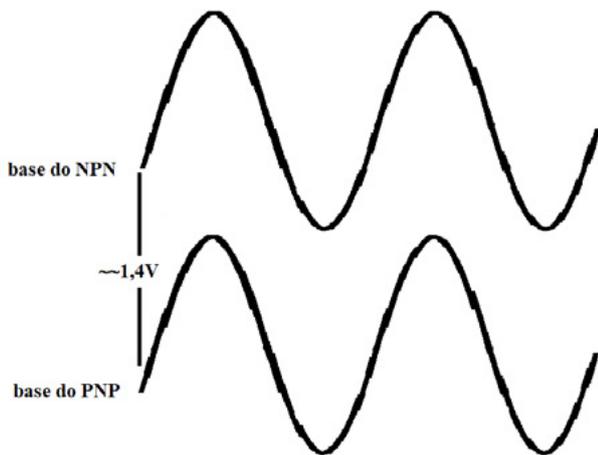


Figura 8 – Sinal nas bases dos transistores em uma polarização Classe AB.

CLASSE C

Os amplificadores em Classe C são inúteis quando o assunto for áudio, por uma simples razão: apresentam alto índice de distorção, em torno de 17% ou mais. Sua aplicação se dá em circuitos sintonizados e o mesmo apresenta eficiência superior a 78,5%. O circuito é desenvolvido para trabalhar em uma única frequência, que se apresentará em pequenos pulsos (os componentes ativos conduzirão menos de 180° do sinal, conforme Figura 9). A carga do amplificador será um tanque ressonante sintonizado para a frequência de operação.

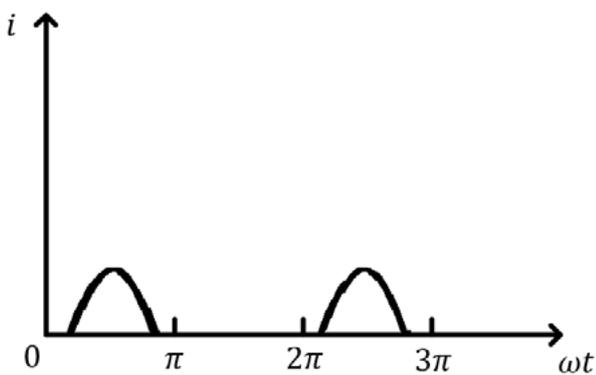


Figura 9 – Excursão do sinal em Classe C.

Veja um circuito Classe C na Figura 10. Temos o tanque ressonante composto pelo capacitor e pelo indutor, com a mesma frequência do sinal de entrada. Em vin são

aplicados sinais pulsados nesta mesma frequência e com isso obteremos uma senoide completa na saída do circuito. Como você pode perceber o amplificador Classe C vai operar em uma única frequência.

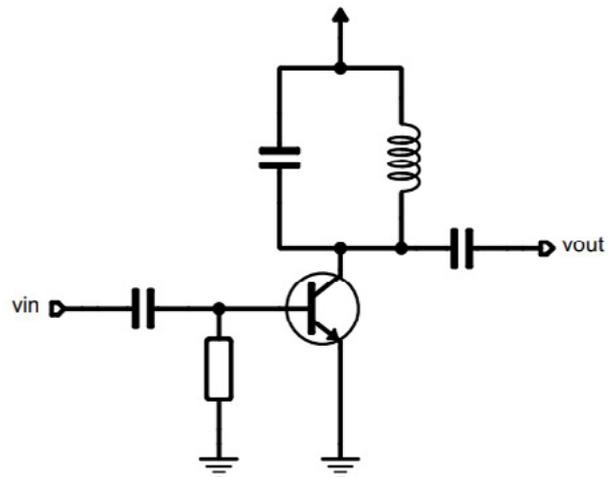


Figura 10 – Amplificador Classe C com transistores.

CLASSE D

Os amplificadores em Classe D resolveram a questão da eficiência e têm a grande vantagem de apresentar tamanhos reduzidos, possibilitando a utilização em tablets, smartphones e outros dispositivos compactos. A Classe é de forma equivocadamente chamada de “digital”, porém o ‘D’ é apenas a letra que vem logo após o ‘C’, a Classe anterior a essa. Por isso, seguiu-se a ordem alfabética. Na Classe D utilizamos um sinal PWM que é modulado a partir do sinal de áudio de entrada (que é analógico) e é restaurado a partir de etapas de potência e filtragem (também circuitos analógicos). Na maioria dos casos são aplicados transistores de efeito de campo (MOSFETs) na etapa de potência, trabalhando na configuração half-bridge. Como temos uma dissipação de potência praticamente nula nos transistores, é possível obter eficiência superior a 90%, com boa fidelidade. Observe a Figura 11.

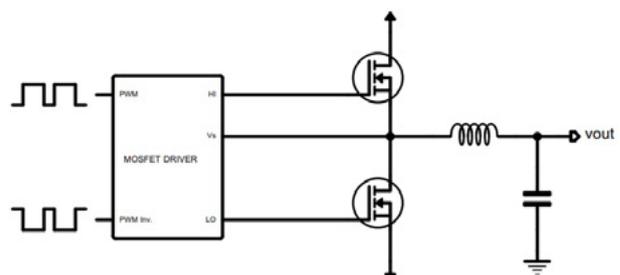


Figura 11 – Típico amplificador Classe D.

O grande desafio nesse tipo de projeto é obter-se uma fidelidade satisfatória em frequência mais agudas e em suas harmônicas. Mesmo que o ouvido humano não entenda frequências acima de 20kHz, ainda existe em nós sensibilidade, isto é, sentimos os sons em frequências mais altas, o que influencia na experiência de apreciar uma música em alta fidelidade.

O sinal PWM é gerado a partir de uma portadora triangular de 200kHz que é aplicada na entrada inversora de um comparador de tensão. Na outra entrada temos o sinal de áudio modulando essa largura de pulso. Geramos também um sinal PWM invertido e ambos os sinais são aplicados em um MOSFET driver para obtermos o ganho de corrente, onde o sinal resultante é aplicado a um filtro passa-baixas LC, que filtra a portadora e aciona uma carga de baixa impedância com o sinal resultante, que corresponderá ao áudio original amplificado. Outro sério problema são os deadtimes (tempos mortos) necessários para os MOSFETs não conduzirem ao mesmo tempo, o que acarretará em um curto na fonte principal. Esses tempos mortos também introduzirão não linearidades no sinal.

CLASSES NÃO GENUÍNAS

Classes genuínas de amplificação são apenas 5, como já entendemos. A única forma de criar uma Classe genuína totalmente inédita é encontrando alguma outra maneira de condicionar o sinal. Para isso seria necessário algum método inovador ou até mesmo uma tecnologia ainda não vista. Em resumo, qualquer outra "Classe" que não seja A, B, AB, C ou D não é genuína. Mas a título de curiosidade e até mesmo para o leitor se aprofundar em seus estudos, vamos apresentar de forma resumida algumas "Classes" de amplificação que praticamente misturam técnicas das genuínas ou em alguns casos são puro marketing. Podemos nos referir a elas como Classes não genuínas.

CLASSE E

É a próxima letra, vem depois do 'D'. Porém, não passa de uma polarização dos transistores com baixa tensão e corrente, que pode apresentar eficiência de 80% a 99% e é apenas aplicável a circuitos de RF. É basicamente um Classe C disfarçado e não pode ser utilizado com áudio.

CLASSE F

Novamente um circuito aplicável em RF que visa valorizar os harmônicos do sinal, buscando alta eficiência. Apesar de usar características muito semelhantes às da Classe D, não podem ser usados para áudio, apenas RF.

CLASSE G

É uma Classe moderna com uma solução interessante para melhorar a eficiência, que fez sucesso comer-

cial. Porém baseia-se nos amplificadores A, B, AB e C. A configuração principal do Classe G é em Classe AB e o segredo está no acionamento de células de amplificação a partir de diferentes tensões. A tensão vai se elevar linearmente, seguindo o sinal de áudio aplicado, onde é possível obter-se eficiência na faixa de 80% a 85%, pelo fato das tensões mais altas só serem utilizadas quando realmente o sinal demandar. O arranjo na Figura 12 vai ajudar você a compreender um amplificador em Classe G.

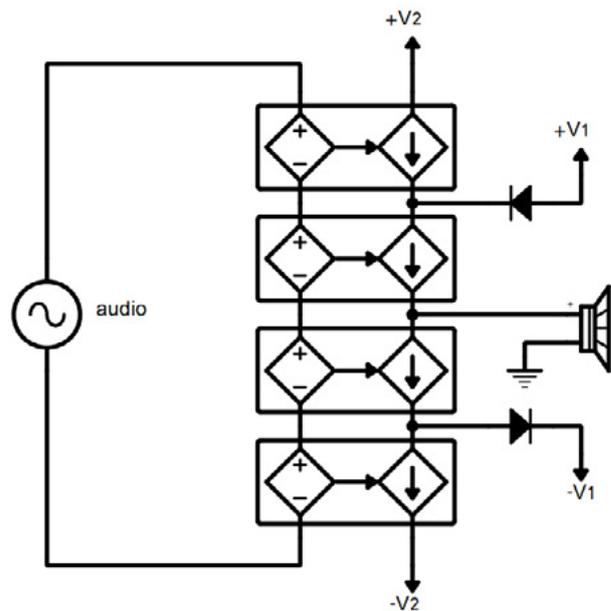


Figura 12 – Sistema de Amplificação em Classe G.

O acionamento das fontes +/-V1 e +/-V2 se dará de acordo com o sinal de áudio. Você poderá encontrar modelos com diversos níveis de tensão. As células centrais (próximas ao alto-falante) operam em Classe AB. Quanto mais afastadas do centro, mais vão tendendo à operação Classe C, pois nas tensões mais elevadas vão precisar excursionar uma pequena parcela do sinal apenas. Aqui vale destacar que temos uma aplicação para áudio com Classe C, porém são necessárias as demais células para compor o sinal por completo e assegurar a fidelidade, do contrário, ele continuaria sendo inútil para áudio.

CLASSE H

Classe moderna interessante, porém, não genuína. A ideia é a mesma da Classe G, obter mais eficiência a partir de um núcleo em Classe AB. A diferença essencial é que temos um único bloco em Classe AB próximo ao alto-falante. Os níveis de tensão mais altos são requisitados quando o sinal de áudio demandar, porém são acionados a partir de um circuito de controle. As tensões não acompanham o sinal como no Classe G, mas são comutadas a partir do circuito de controle, o que pode trazer certa distorção, ainda mais se o projeto não for bem executado. Veja o arranjo de um Classe H na Figura 13.

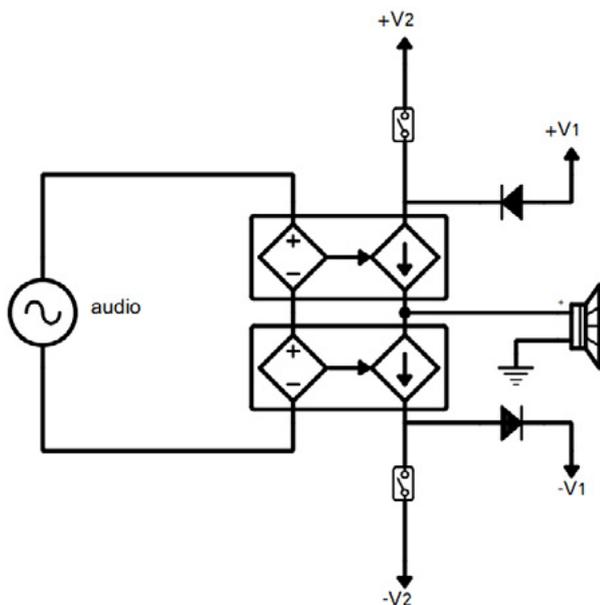


Figura 13 – Sistema de Amplificação em Classe H.

Veja que temos apenas células centrais em Classe AB e os níveis de tensão superiores serão comutados pelo circuito de controle quando necessário.

Você poderá encontrar na literatura a Classe H referida como Classe G e vice-versa, pois não existe um consenso sobre isso. Mas o mais aceito na academia é como apresentado neste artigo, logo, sugerimos que se refiram às Classes tal como demonstrado aqui.

CLASSE I

Uma mistura de Classe A com Classe D. Aquele velho truque de marketing para oferecer um produto “diferenciado” e “inovador”.

CLASSE A/AB

Um circuito desenvolvido para áudio onde ora a operação é em Classe A e ora é em Classe AB, visando obter-se a fidelidade do A com a eficiência do AB. É um amplificador desenvolvido com uma ideia bem interessante, mas, que não pode ser considerado como Classe genuína. Muitos de vocês já devem ter ouvido falar do Amplificador Super A. Esse é outro nome bastante utilizado nessa mesma Classe.

CLASSE J

Um híbrido de Classe B com Classe D.

CLASSE K

Topologia proprietária do fabricante, porém reunindo características das Classes genuínas.

CLASSE S

Outro nome que deram para a Classe D, puro marketing.

CLASSE TD

Mesmo caso da Classe K.

CONCLUSÃO

Reunimos no presente artigo um amplo conjunto de informações para auxiliar você leitor a identificar mais facilmente qualquer Classe de Amplificação. Se está pensando em projetar o seu próprio amplificador, estude bastante as Classes genuínas e escolha aquela que vai se encaixar com as necessidades do seu projeto. Recomendamos estudar também os amplificadores em Classe G e H, que são circuitos muito bons para usarmos em áudio, especialmente a G. Se você tiver alguma ideia revolucionária para desenvolver uma Classe genuína totalmente inédita, mande um e-mail, vamos conversar.

REFERÊNCIAS

BOYLESTAD, Robert L.; NASHELSKY, Louis. Dispositivos Eletrônicos e Teoria de Circuitos. 11ed. Pearson.

HOROWITZ, Paul; HILL, Winfield. A Arte da Eletrônica. 3ed. Bookman.

CURSO DE ÁUDIO E AMPLIFICADORES PROFISSIONAIS



YOUTUBE WR KITS



SITE WR KITS



REVISTA

Elevador Brasil

REVISTA PROFISSIONAL - Fabricantes - Conservadoras - Consultores - Construtoras



**A melhor vitrine para o seu
produto na América Latina**

www.elevador.com.br