BOBINA DE TESLA MUSICAL

Rodrigo Nogueira

Bobina de Tesla Musical

Características	Valor	Unidade
Tipo: Solid-State Tesla Coil	Class-E	-
Frequência de ressonância:	4	MHz
Tensão do primário (DC pulsado)	85	V DC
Tensão de saída (aprox.)	20.000	V AC
Espiras no primário	5	-
Espiras no secundário	120	-
Comprimento de fio no secundário	24	m
Potência RMS	300	W
Custo total aproximado do sistema	1200	R$

Motivação do projeto

- Bobinas de Tesla possuem o mesmo princípio de funcionamento de carregadores sem fio, tecnologia de grande interesse para eletrônicos portáteis e carros elétricos. A transferência de energia se dá pela proximidade de duas bobinas em ressonância, uma conectada à rede elétrica e outra presente no dispositivo a ser carregado.
- É um projeto de interesse educacional, já que seus efeitos como acender lâmpadas fluorescentes no ar, motor de íons e o arco elétrico musical são surpreendentes, gerando interesse por áreas como física e engenharia eletrônica.
- As bobinas projetadas e fabricadas pelo próprio Nikola Tesla no início do século XX eram máquinas puramente elétricas. Utilizavam um centelhador para gerar as oscilações em alta frequência (HF), chamado *spark gap.* As bobinas mais modernas utilizam transístores como MOSFETs ou IGBTs para criar a onda HF, permitindo muito mais controle sobre o arco elétrico e reprodução de áudio. Existem construtores de Bobinas de Tesla em todo o mundo chamados *Tesla Coilers*, fazendo diversos modelos e organizando eventos e demonstrações.

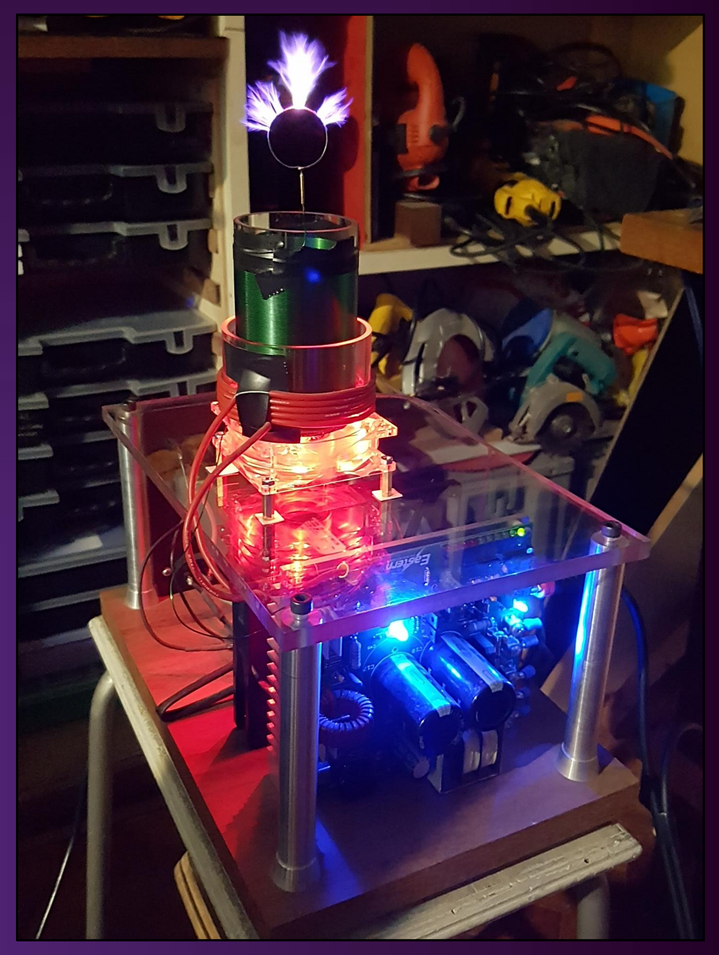
Objetivo: reprodução de áudio através de um arco elétrico.

O que é uma bobina de Tesla ?

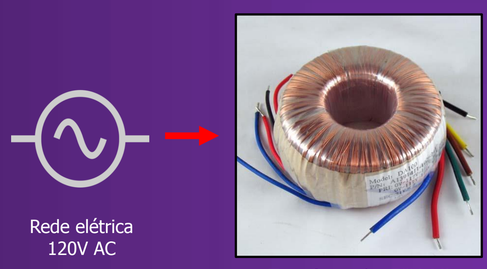
- É um transformador ressonante capaz de gerar tensões altíssimas (milhares de volts), inventado por Nikola Tesla em torno de 1890.
- Transformadores comuns usam a relação de espiras de cobre entre sua entrada e saída para modificar uma tensão de corrente alternada.
- Uma Bobina de Tesla utiliza a ressonância em alta frequência entre capacitores e indutores para elevar a tensão, gerando vários quilovolts na saída, produzindo assim arcos elétricos (raios).

Como a Bobina produz som ?

- O arco elétrico gerado pela bobina é de frequência muito alta (4MHz), bem acima do que conseguimos ouvir (20Hz – 20kHz).
- Ao conectar uma fonte de áudio, como um celular, o circuito varia a amplitude ou intensidade da onda portadora (4MHz) de acordo com as frequências da música.
- Essa variação de intensidade faz o arco elétrico variar de temperatura, gerando a dilatação do ar em pulsos na frequência do áudio, efetivamente transformando esse arco em um alto falante.
- Como o arco elétrico tem área pequena e massa quase zero, consegue deslocar o ar muito rapidamente sem distorções, porém em pequenas quantidades, da mesma forma que um alto falante *Tweeter.* Sua grande diferença é fazer isso igualmente em todas as direções, sendo assim uma fonte de som omnidirecional.

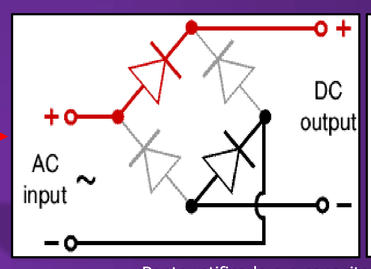


Como funciona o circuito eletrônico da Bobina ?

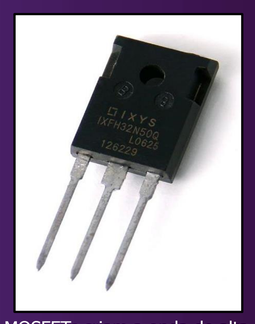


Rede elétrica 120V AC

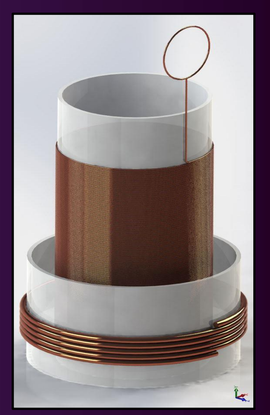
Transformador 70V AC



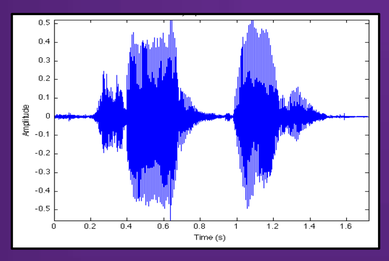
Ponte retificadora e capacitores convertem AC para DC



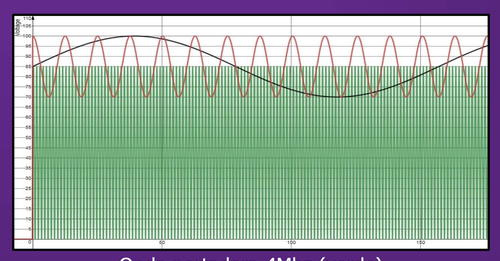
MOSFETs criam a onda de alta frequência modulada pelo áudio



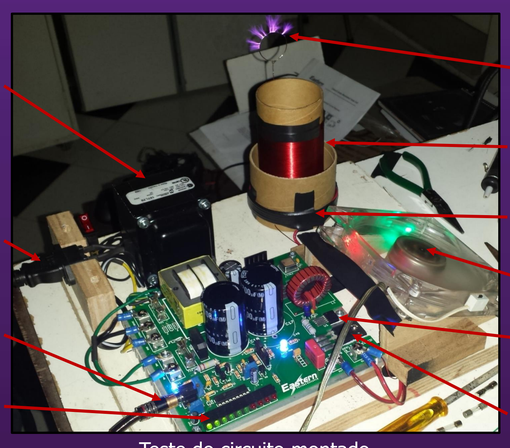
Um amplificador de áudio recebe um sinal de diversas amplitudes e frequências, ou seja, os componentes da música como baixo, bateria, voz, etc. Ele deve aumentar o nível de energia desse sinal o suficiente para movimentar alto-falantes, gerando pressão sonora (SPL). Essa amplificação pode ser feita de forma analógica (linear) através de transístores ou válvulas, ou digital, utilizando chaveamento em alta frequência. O circuito desse projeto modula a amplitude da onda de 4Mhz a partir das ondas de áudio, um método misto de digital e analógico, chamado de amplificador classe E. Essa onda final gera o arco elétrico no topo da bobina que produz o som.



Sinal de áudio completo



Onda portadora 4Mhz (verde)
Sinais de áudio (vermelho e preto)

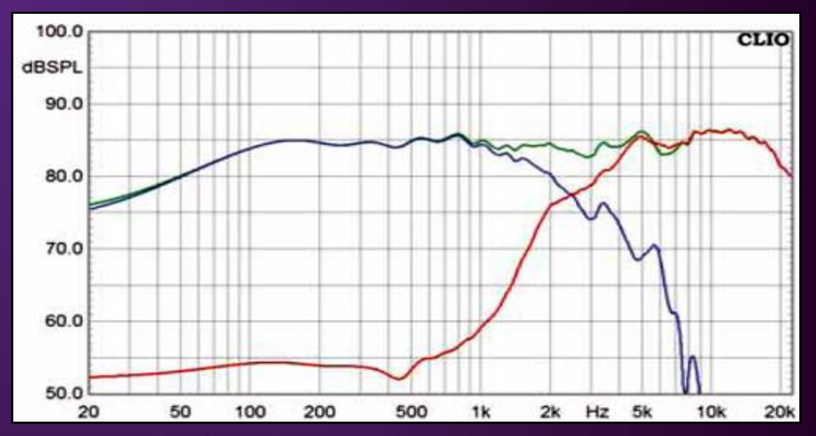


Teste do circuito montado

Tipos de alto-falante

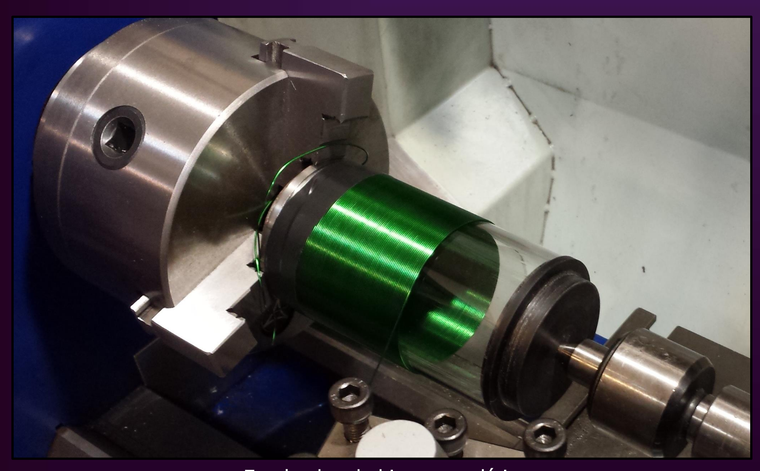
Woofer: reproduz frequências baixas (graves), precisando movimentar grandes quantidades de ar. Geralmente tem diâmetro entre 100 e 300 mm, reproduz entre 20 e 1000Hz e consome grande potência para gerar pressão sonora.

Tweeter: reproduz frequências altas (agudos), precisando mover o ar muito rapidamente sem distorções. Geralmente tem diâmetro entre 15 e 30 mm e reproduz entre 1 e 20 kHz.



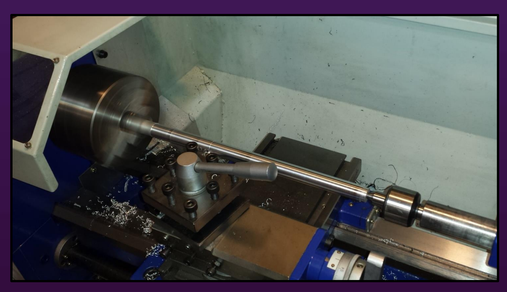
Resposta em frequência de um *woofer* (azul), *tweeter* (vermelho) e os dois combinados (verde). A bobina de Tesla Musical se comporta como um *tweeter*.

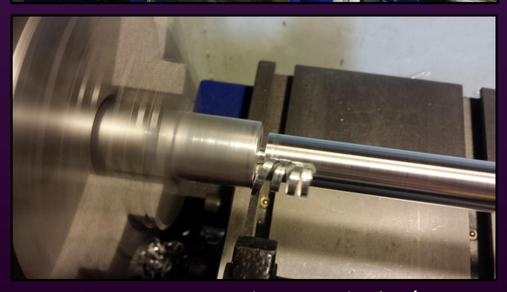
Máquinas utilizadas: Estação de solda, multímetro, osciloscópio, torno mecânico, fresadora, tupia, serra circular, lixadeiras, furadeiras, entre outras. Todo o trabalho foi feito na minha oficina, ao longo de quatro meses.



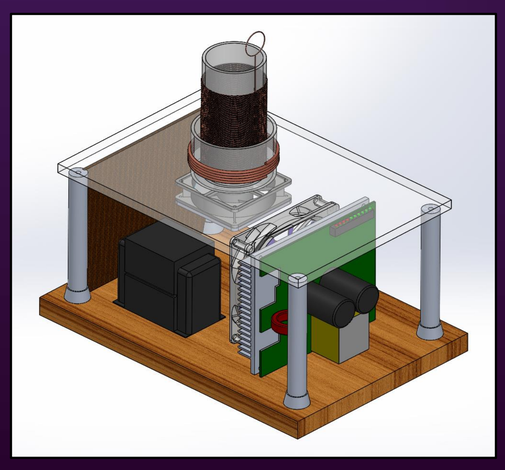
Enrolando a bobina secundária

Primeira vez que a bobina produz um arco elétrico, ou "*First Light*".





Usinagem em torno das torres de alumínio



Projeto em CAD 3D do sistema

Agradecimentos

Isabel e Ricardo
Alcides Monteiro
Mauro Schwanke
André Sarmento
Paulo Biriba
Guilherme Rodrigues
Matheus Ludolf
Matheus Mendes
Gabriel Cordeiro
Mauricio Collaço