

# Projector Laser Audio

Rogério Pais Dionísio, *Membro, IEEE*

*Escola Superior de Tecnologia / Departamento de Engenharia Electrotécnica*

*Castelo Branco, Portugal*

*rdionisio@est.ipcb.pt*

**Resumo**— O sistema descrito utiliza um feixe de luz laser e um conjunto de espelhos rotativos para criar padrões geométricos ópticos. A utilização de outro espelho, acoplado a uma coluna de som, faz vibrar o padrão óptico.

**Índice de termos**— figuras geométricas, laser, som

## I. INTRODUÇÃO

OS concertos e espectáculos ao vivo usam, nos dias que correm, tecnologia de ponta para produzir imagens e efeitos especiais visuais que extasiam os espectadores. São projectados, para o espaço, padrões ópticos sincronizados com a música, que, conjugados com o uso de canhões de fumo, produzem um espaço envolvente cativante.

O objectivo deste projecto foi demonstrar que é possível realizar um sistema audiovisual de projecção óptico, usando poucos componentes e de custo reduzido, usando para tal, motores de corrente contínua, lasers semicondutores e altifalantes.

## II. TEORIA

### A. Figuras Geométricas

Sob o ponto de vista matemático, as representações geométricas que serão visualizadas inserem-se num conjunto designado por figuras hipotrocoidais [1]. Trata-se de uma linha traçada pelo movimento de um ponto  $P$ , solidário com um círculo de raio  $r$ , que rola na superfície interior de um círculo maior, de raio  $R$ , onde  $\rho$  é a distância entre o ponto  $P$  e o centro da circunferência de raio  $r$ . As equações paramétricas para gerar tais curvas estão referenciadas em (1).

$$\begin{aligned} x(t) &= (R+r)\cos(t) - \rho \cos\left(\frac{R+r}{r}t\right) \\ y(t) &= (R+r)\sin(t) - \rho \sin\left(\frac{R+r}{r}t\right) \end{aligned} \quad (1)$$

As curvas geométricas presentes na figura 1 são fruto da combinação entre os parâmetro  $R$ ,  $r$  e  $\rho$ .

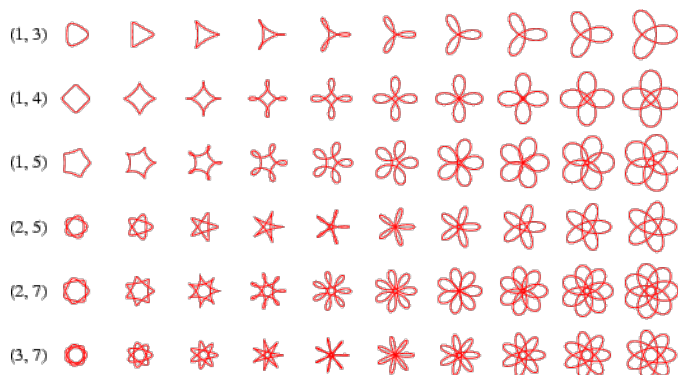


Fig. 1. Algumas figuras geométricas que podem ser reproduzidas

### B. O laser

O funcionamento do laser baseia-se no princípio da emissão estimulada. O estímulo chega sob a forma de uma corrente eléctrica, que excita os átomos que formam a estrutura do laser: à medida que os electrões recebem mais energia, têm tendência a saltar para uma órbita de energia mais elevada. Estas órbitas, normalmente, são pouco duradouras, e os electrões voltam passado algum tempo para uma órbita mais estável, mas depois voltam novamente para uma órbita superior por acção da corrente eléctrica. É o regresso dos electrões para órbitas mais estáveis que produz a luz laser que vemos: durante o salto orbital, a energia excedente é libertada de cada átomo sob a forma de um fóton (luz). No entanto, se este fóton colidir com outro átomo num estado excitado, esse átomo é estimulado a libertar ele também um fóton. Este fóton tem a particularidade de vibrar em perfeita sintonia como o fóton que colidiu com o átomo, e ambos terão a mesma trajectória.

No entanto, os fótons libertados disparam em todas as direcções, sem nenhuma coordenação. De modo a obter um feixe de luz coerente, formado por fótons alinhados na mesma direcção, a estrutura atómica onde se formam deve ter nas duas extremidades faces espelhadas e paralelas entre elas. Nestas condições, qualquer fóton que, de uma forma aleatória, atinja uma das faces na perpendicular, irá provocar uma série de eventos em cadeia: Depois de reflectido, se o fóton embate num átomo excitado, produz um novo fóton com a mesma fase e direcção. Os dois fótons colidem com outros dois átomos excitados, somando um total de quatro fótons com a mesma fase, e direcção perpendicular às faces espelhadas. Este processo repete-se ao ritmo de uma progressão geométrica,

formando um aglomerado de fotões, amplificando sucessivamente o processo.

O feixe de luz laser é finalmente libertado por uma das faces espelhadas, que foi processada para ser parcialmente transparente. Desta forma, uma pequena percentagem dos fotões escapa da zona de amplificação, produzindo um feixe que designamos por luz LASER.

### III. O CIRCUITO ELÉCTRICO

O princípio de funcionamento do projector é baseado na seguinte descrição: Um feixe de luz coerente é emitido de um laser e reflectido por um par de espelhos rotativos, acoplados ao eixo de dois motores, e por outro espelho preso num altifalante sonoro.

Os espelhos rotativos desviam o feixe laser, produzindo os padrões ópticos representados na figura 1. O espelho montado na coluna de som faz vibrar o padrão geométrico ao ritmo do som, que pode ser música, voz ou uma frequência sonora.

A velocidade dos motores deve ser ajustável, para permitir modificar os padrões geométricos. O volume de som pode ser regulado, para dar maior ou menor ênfase à modulação sonora produzida sobre o feixe de luz.

A descrição do circuito eléctrico é dividido em duas partes: o controlo dos motores e a secção de áudio.

#### A. O Amplificador

O circuito integrado LM386N [2] da National Semiconductors foi seleccionado para amplificar o sinal proveniente da fonte de sinal, e excitar um altifalante para produzir ondas sonoras.

O volume é ajustado por um potenciómetro. A entrada de sinal pode ser feita por meio de uma ficha Jack ou RCA.

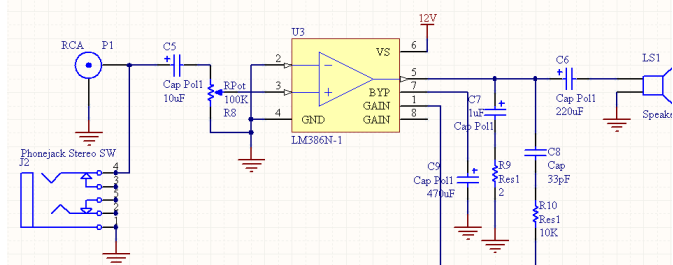


Fig. 2. Esquema do circuito eléctrico para amplificar o sinal áudio, com Bass Boost.

O esquema eléctrico usado tem a particularidade de implementar na saída do circuito integrado, um filtro com um ganho de 6 dB para baixas frequências, para compensar a fraca resposta do altifalante nessa gama espectral.

#### B. O variador de velocidade

O controlo da velocidade dos motores é baseado num circuito oscilador do tipo 555. A frequência de oscilação é fixa. O factor de ciclo é regulado pelo utilizador, por um potenciómetro externo. O sinal do oscilador excita a base de um MOSFET de potência, que por sua vez excita o motor eléctrico. A variação do *duty cycle* permite modificar a velocidade de rotação do motor.

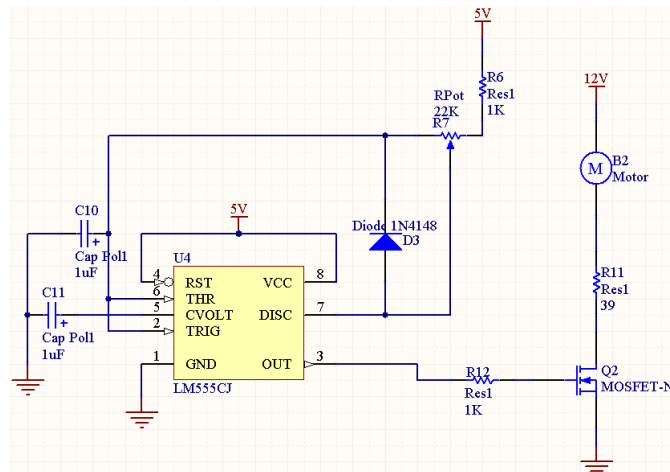


Fig. 3. Esquema do circuito eléctrico para permitir a variação da velocidade dos motores de corrente contínua.

Existem dois circuitos idênticos ao da figura 3, para cada um dos motores usados.

### IV. PROTÓTIPO EXPERIMENTAL

A construção do sistema de projecção divide-se em várias fases.

Inicialmente, é necessário colar os espelhos de modo que fiquem com um ligeiro desvio angular relativamente à perpendicular com o eixo de rotação do motor. Só assim será possível produzir figuras geométricas.

A colocação relativa entre o laser, os motores e o altifalante, visível na figura 4, deve permitir a saída do feixe laser, depois de ter sido reflectido totalmente por todos os espelhos.

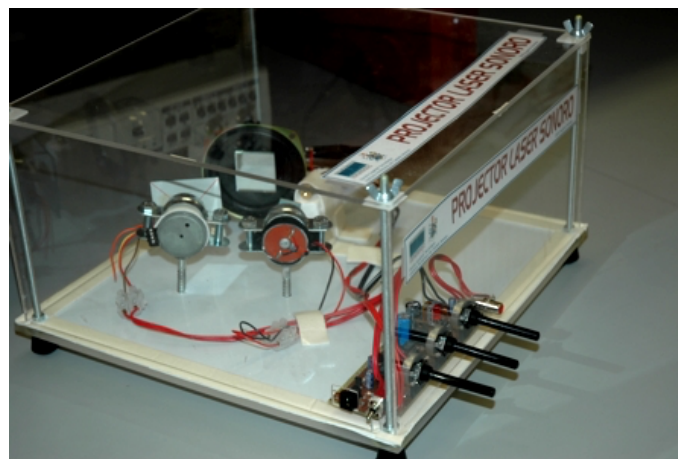


Fig. 4. Vista frontal do protótipo final

Toda a electrónica necessária deve ser soldada em placa de circuito impresso, para tornar o protótipo mais fiável, facilitando o seu transporte e manuseamento.

Todos os componentes são finalmente inseridos numa caixa em acrílico, que por um lado tem a função de proteger o utilizador das partes rotativas do sistema (espelhos) e por outro permite a saída do feixe de luz para o exterior, sem perdas significativas. A figura 5 ilustra o resultado obtido.

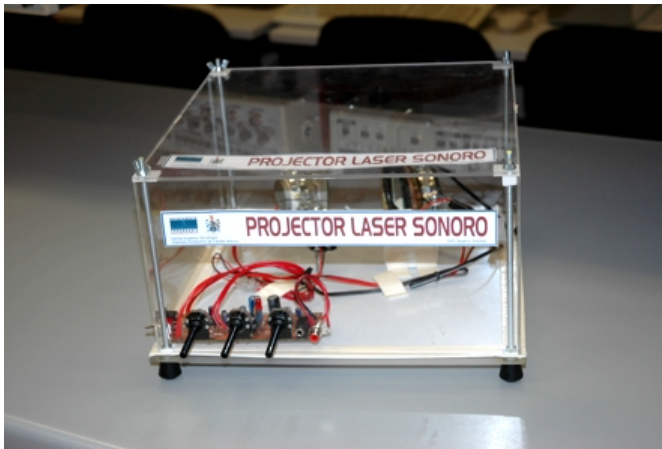


Fig. 5. Vista lateral do protótipo.

A estrutura é montada sobre pés de borracha, de modo a diminuir o ruído provocado pela vibração da estrutura mecânica do sistema.

## V. CONCLUSÕES

Os testes realizados demonstraram que o sistema tem capacidade de gerar diversas figuras. O emissor laser mostrou-se capaz de produzir um feixe com a potência óptica adequada para projectar figuras simples, tais como triângulos ou quadrados.

A luz ambiente é um factor crítico para o sucesso da projecção óptica, pelo que devem ser tomadas medidas no sentido de diminuir ou eliminar as fontes de luz próximas do local de projecção.

## REFERÊNCIAS

- [1] Eric W. Weisstein. "Hypotrochoid." From *MathWorld*--A Wolfram Web Resource. <http://mathworld.wolfram.com/Hypotrochoid.html>
- [2] *LM386N* Low Voltage Audio Power Amplifier (2000). Consultado em 2 de Fevereiro de 2006, am National Semiconductor Corporation: <http://www.national.com/pf/LM/LM386.html#Datasheet>

**Rogério P. Dionísio** (M<sup>02</sup>) nasceu em França, em 1973. Concluiu a licenciatura e o mestrado em Engenharia Electrónica e Telecomunicações na Universidade de Aveiro, em 1997 e em 2004, respectivamente. Desde 1999 que é docente no Departamento de Engenharia Electrotécnica da Escola Superior de Tecnologia do Instituto Politécnico de Castelo Branco.

O Mestre Dionísio é membro efectivo da Ordem dos Engenheiros, do IEEE (Institute of Electrical and Electronics Engineers) e do LEOS (Lasers and Electro-Optics Society).