

Sensor indutivo para guiamento de veículos

João Diogo¹, Ricardo Bicho¹, Eugénio Furtado²

Instituto Superior de Engenharia de Lisboa

R. Conselheiro Emídio Navarro, 1949-014 Lisboa, Portugal

Telefone: +351.218.317.180, Fax: +351.218.317.114

E-mail: jdiogo@alunos.isel.ipl.pt; rbicho@deetc.isel.ipl.pt; efgf@netcabo.pt

Este artigo apresenta um sensor indutivo vocacionado para o guiamento de veículos. Trata-se de um trabalho desenvolvido no âmbito da cadeira de Projecto de Electrónica do Curso de Engenharia de Sistemas das Telecomunicações e Electrónica. Esta comunicação descreve o enquadramento, projecto e implementação do referido sensor.

Introdução

A motivação para o desenvolvimento deste tipo de sensor, advém da curiosidade de testar uma alternativa a sistemas de guiamento conhecidos (sistemas ópticos, indutivos, laser, rádio frequência). Neste caso, demonstramos a possibilidade de avaliar a distância entre um condutor eléctrico, que serve de guia, e o veículo cuja rota interessa controlar, recorrendo ao fenómeno de indução eléctrica.

O condutor (ver figura 1) é alimentado por um sinal eléctrico com uma dada frequência, o qual cria um campo electromagnético devido à passagem de corrente pelo mesmo. A captura do campo, é feita por duas bobinas simétricas em relação ao centro do sensor. O campo electromagnético gerado induz tensões aos terminais de cada uma das bobinas, tensões essas que dependem da distância entre o sensor e o condutor. A partir da diferença destas tensões induzidas nas bobinas e após amplificação, é gerado um sinal relacionado com a distância do veículo ao condutor eléctrico, e que poderá ser aproveitado para o guiamento daquele.

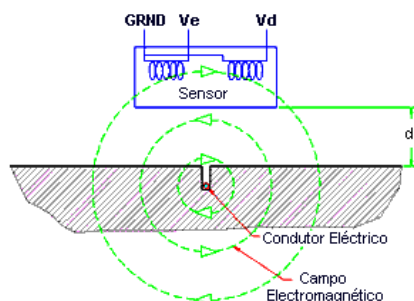


Figura 1. Geração e captura do campo electromagnético.

¹ Alunos da disciplina de Projecto de Electrónica

² Docente da cadeira de Projecto de Electrónica

Existem actualmente no mercado diversos sistemas de guiamento usados maioritariamente na indústria, destacando-se os ópticos, laser, os constituídos por ímans permanentes enterrados no solo com intervalos de alguns metros e mais recentemente através de GPS.

Descrição do Sistema

Este é constituído por um gerador, um condutor eléctrico e um sensor. A figura 2 ilustra, sucintamente, os vários elementos que constituem o projecto, assim como a sua disposição numa situação real.

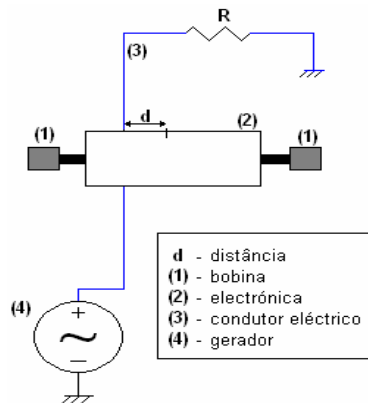


Figura 2. Elementos do projecto.



Figura 3. Gerador e sensor.

Gerador

O gerador é responsável por injectar no condutor um sinal alternado, dos 45kHz aos 65kHz, capaz de gerar um campo electromagnético. Este sinal é produzido por um multivibrador astável baseado no conhecido integrado 555, como se pode ver na figura 4.

A frequência do sinal pode ser facilmente controlada através da resistência R_B , permitindo assim um ajuste preciso da frequência de oscilação, que é obtida através da seguinte expressão:

$$f_o = \frac{1}{(R_A + 2R_B) \cdot C \cdot \ln 2} \quad (1)$$

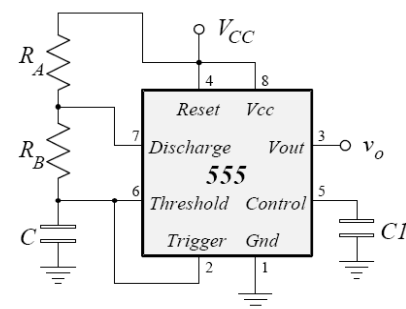


Figura 4. Esquema do multivibrador [3].

Sensor

O sensor é responsável pela detecção, amplificação e subtracção dos sinais. Como se pode ver pela figura 5 conseguem-se distinguir claramente os três blocos que constituem o sensor. Na figura 7 são apresentados os componentes que constituem cada bloco.

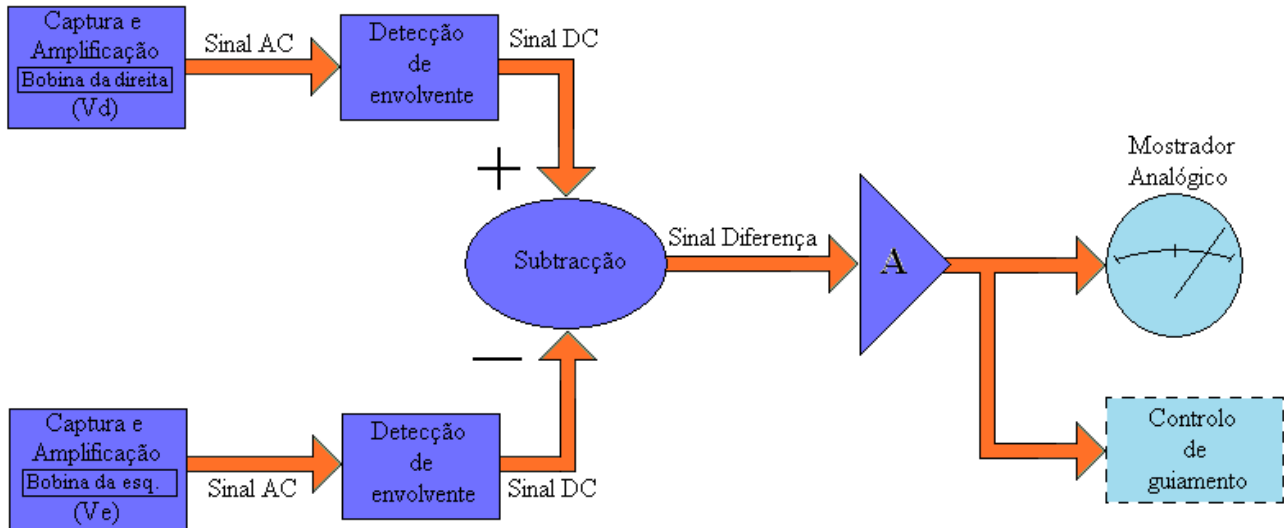


Figura 5. Diagrama de blocos do sensor indutivo.

Captura e amplificação

A captura é efectuada por uma malha ressonante sintonizada para a frequência do sinal injectado pelo gerador na linha. Os valores de C_{1A} e C_{2A} permitem ajustar essa frequência de acordo com a seguinte expressão:

$$f_r = \frac{1}{2\pi\sqrt{L \cdot C}} \quad (2)$$

A amplificação é realizada por uma montagem não-inversora utilizando o ampop $LF353$. As resistências variáveis R_{12} e R_{13} facilitam o controle do ganho do sinal recebido, de modo a não saturar o ampop e ajustar o nível de tensão pretendido à saída da montagem.



Figura 6. Electrónica associada ao sensor.

Na figura 6 pode observar-se a disposição dos componentes na placa de circuito impresso por forma a facilitar o ajuste dos parâmetros.

Detecção de envoltente

Este bloco é responsável pela detecção do valor máximo do sinal proveniente do andar de captura. É constituído por uma malha detectora de envoltente em que o diódo é substituído pelo circuito activo denominado “Super-diódo” [4]. Isto é feito de forma a evitar a “zona morta” do diódo e permitir a condução a partir dos 0 Volts. O valor dos componentes C_3 , C_4 , R_5 e R_6 foi escolhido de forma a minimizar o *ripple* resultante da rectificação. Contudo, este fenómeno não é crítico uma vez que os sinais resultantes dos dois andares de detecção de envoltente, serão subtraídos à saída.

Subtracção

Este bloco recebe os sinais DC correspondentes a cada andar de rectificação e procede à sua subtracção. Isto é feito por um circuito subtrator baseado em ampops denominado de “subtrator de instrumentação”, que permite também criar o desacoplamento necessário entre os blocos. Desta forma obtém-se à saída um sinal diferencial proporcional à distância entre o sensor e o condutor.

Para efeitos de teste, foi colocado à saída do circuito um mostrador analógico, de zero ao centro, para permitir visualizar a variação de tensão resultante do deslocamento do sensor.

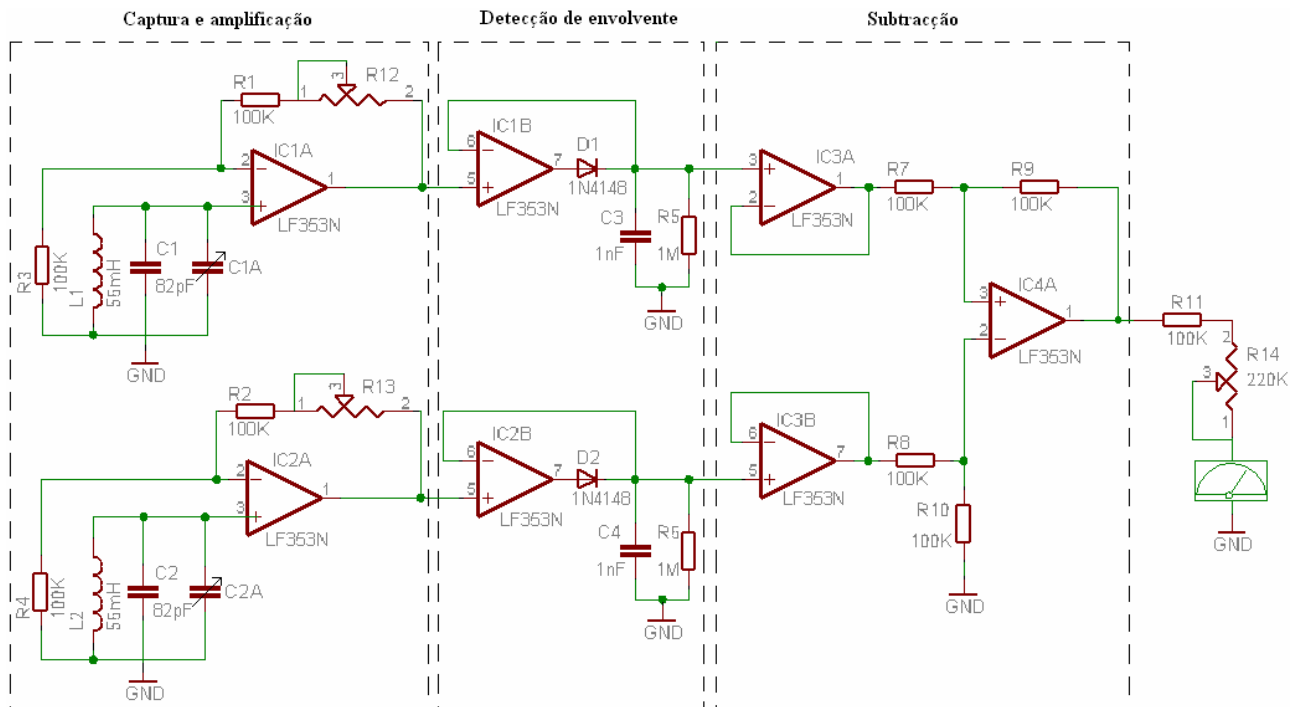


Figura 7. Esquema eléctrico do sensor.

Resultados experimentais

Uma vez concluído o protótipo do projecto foram efectuados alguns testes. O primeiro ensaio consistiu em verificar as saídas dos blocos de captura e amplificação e detecção de envoltória.

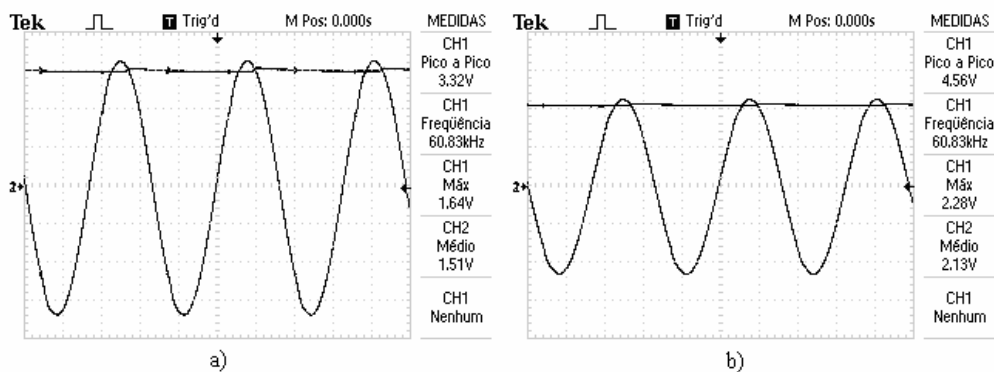


Figura 8. Sinais eléctricos à saída dos blocos para duas distâncias.

As figuras 8 a) e 8 b) representam o sinal eléctrico à saída dos dois blocos referidos, para uma distância (entre o condutor e uma das bobinas) $d \cong 10\text{ cm}$ e $d \cong 0\text{ cm}$ respectivamente. Tal como seria de esperar, a amplitude do sinal é tanto maior, quanto menor for a distância entre o sensor e o condutor.

Por último traçou-se um gráfico que define a relação entre a distância do condutor ao centro do sensor e a tensão à saída deste.

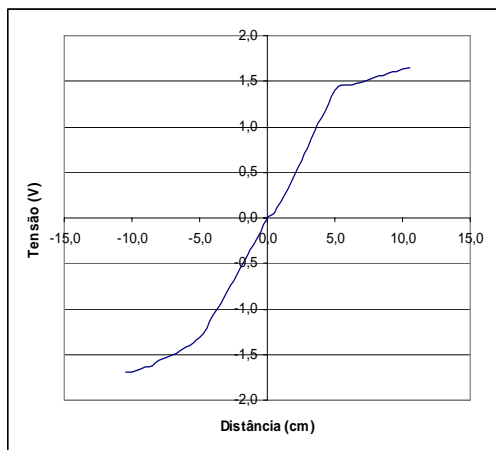


Figura 9. Relação distância/tensão.

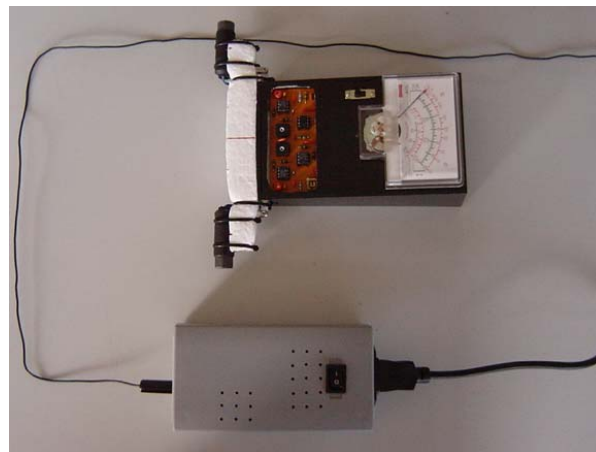


Figura 10. Condições de ensaio.

Como se pode observar através da figura 9, há uma razoável linearidade na relação tensão/distância na zona próxima do centro do sensor para $|d| < 5\text{ cm}$, o que confirma que o sinal de saída é um bom indicador do posicionamento relativo do sensor em relação à linha.

Podemos referir que a questão da blindagem da electrónica que constitui o dispositivo é essencial para o correcto funcionamento e desempenho. Isto deve-se ao facto dos sensores indutivos não serem muito afectados pelas propriedades dieléctricas do meio, mas sim pela proximidade de materiais magnéticos ou por campos magnéticos externos. Este é de facto o factor mais limitativo no que respeita às distâncias obtidas, já que à medida que se aumenta a distância, maior cuidado é necessário ter na blindagem tanto da electrónica do sensor bem como do ambiente que o rodeia.

Aplicação Real

O projecto apresentado representa apenas o sensor indutivo, fornecendo um sinal diferencial passível de ser digitalizado e usado em inúmeras aplicações.

As distâncias obtidas através dos resultados experimentais são obviamente curtas para a grande maioria das aplicações. No entanto, um incremento da amplitude do sinal que serve de guia, bem como o aumento do ganho no sensor, permitem colmatar essa situação.

Na impossibilidade de adquirir ou testar qualquer equipamento comercial que servisse de referência, não nos foi possível apresentar comparações experimentais concretas de desempenho relativo. Apesar disso, parece claro que uma vantagem em relação a sistemas ópticos é a insensibilidade à luminosidade ambiente; em relação a sistemas de guiamento por GPS é a possibilidade de utilização em instalações fechadas.

Em termos de aplicações concretas, é conhecido o uso de sistemas alternativos em linhas de montagem que exigem um grande conjunto de acções repetitivas. Nestes casos apenas é pedido ao veículo que siga um certo percurso previamente definido pela colocação do condutor. São conhecidos também alguns testes no guiamento de automóveis, com colocação de imans permanentes enterrados no solo, ao longo do percurso.

Conclusões

Embora a ideia que está na base deste projecto não seja inédita, a sua concretização resultou de um desenvolvimento de raiz efectuado pelos autores.

Os testes efectuados foram satisfatórios e mostraram a possibilidade do uso deste sistema em aplicações concretas.

Este tipo de sensor mostrou-se adequado para guiar plataformas desde que nos percursos seja possível a instalação do condutor.

Em futuras aplicações haverá a possibilidade de sobrepor ao sinal piloto informação modulada que permita o controlo remoto de outras funções do veículo.

Referências

[1] http://www.egeminusa.com/automatic_guided_vehicle_guidance.htm

[2] http://www.mirle.com.tw/EN/p4_asrs/3_lgv.htm

[3] António Couto Pinto, “*Acetatos de EA2*”, Lisboa, ISEL, Setembro 2002

[4] Adel S. Sedra & Kenneth C. Smith, “*Microelectronics Circuits*”, Saunders HBJ, Junho 1997