

Eletroscópio de Alta Sensibilidade

Dione Fagundes de Sousa, Josimar L. Sartori, T. Catunda e L. A. O. Nunes

Instituto de Física de São Carlos

Caixa Postal 369, 13560-970, São Carlos, SP Brasil

Trabalho recebido em 5 de novembro de 1995

1. Introdução

Neste trabalho apresentamos um breve histórico da eletrostática e descrevemos os princípios de operação e os detalhes de construção de um eletroscópio eletrônico

Breve histórico

A eletricidade estática foi observada pela primeira vez por Thales de Mileto em 600 ac quando este atritou âmbar e seda e verificou que o âmbar atraía pequenos corpos. Este fenômeno foi então denominado de “Efeito Âmbar” até o século XVII, quando William Gilbert em 1600 usou pela primeira vez em seu livro “De Magnete” a denominação “eletricidade” vinda da palavra grega “elektron” que significa âmbar.

A repulsão elétrica foi inicialmente descrita por Francis Hauksbee em 1709, quando observou-se que uma pessoa eletrizada permanecia com os cabelos arrepiados. Por volta de 1729, o inglês Stephen Gray descobriu que a propriedade de atração ou repulsão podia ser transferida de um corpo para outro quando estes eram ligados por certos materiais, principalmente metais, a descoberta da condução elétrica foi de vital importância, pois mostrou que a eletricidade tinha uma existência própria e não era apenas uma propriedade que aparecia nos corpos quando os mesmos eram atritados. Nesta mesma época, Charles Dufay verificou o fenômeno da repulsão elétrica em corpos que se eletrizam por contato, para este fato Dufay disse que “*Um corpo eletrizado atrai todos os outros que não estão e a seguir os repele, devido à transmissão aos mesmos de sua virtude*”. A existência de dois tipos de eletricidade (vítrea e resinosa) foi também inicialmente sugerida por

Dufay após a realização da seguinte observação: “*Uma folha de ouro que é repelida por um pedaço de âmbar, (eletrizado) após o contato, é atraída por um bastão de vidro (eletrizado)*”.

Outro nome importante na história da eletricidade é Benjamin Franklin que por volta de 1745 realizou diversos experimentos elétricos. Franklin praticamente explicou a eletricidade estática como a conhecemos hoje e introduziu a hipótese fundamental de conservação da carga: a eletricidade não é nunca criada ou destruída, mas apenas transferida. Franklin também observou que pequenos pedaços de cortiça no interior de um cálice metálico não eram afetadas pela eletricidade do cálice. Mais tarde Joseph Priestley realizando experimentos com uma esfera oca carregada, verificou que não existiam cargas em seu interior (exceto nas vizinhanças da abertura). Em 1782 Charles Coulomb confirmou experimentalmente a lei do inverso do quadrado da distância para as interações elétricas, utilizando uma balança de torção.

Vejamos agora como a eletricidade era detetada. Para este fim, foram desenvolvidos vários aparelhos denominados eletroscópios. Os mais comuns são: o eletroscópio de pêndulo e o eletroscópio de folhas.

O eletroscópio de pêndulo é constituído por uma esfera (leve) suspensa por um fio de seda. Ao aproximarmos desta esfera um corpo eletricamente neutro ela não sente a presença do mesmo mas, ao aproximarmos um corpo carregado ela é atraída, deste modo podemos indentificar se um corpo está ou não eletrizado^[3].

O eletroscópio de folhas é composto por uma haste metálica ligada na parte superior a uma esfera metálica e na parte inferior a duas folhas metálicas bastante delgadas. As duas folhas são mantidas no interior de um

recipiente de vidro. Quando aproximamos da esfera um corpo carregado ela, a haste e as folhas eletrizam-se com o mesmo tipo de carga do corpo, e as duas folhas então, repelem-se indicando que este está carregado. Neste eletroscópio podemos também conhecer o sinal da carga do corpo em questão, bastando para isso carregar o eletroscópio com carga de sinal conhecido e aproximarmos dele um corpo com carga desconhecida, se a carga do corpo for de mesmo sinal da carga do eletroscópio as folhas devem separar-se ainda mais, se for diferente elas se aproximam.

Um eletroscópio devidamente calibrado pode indicar também a quantidade de carga presente em um corpo. Este tipo de instrumento é chamado de eletrômetro. Existem vários tipos de eletrômetro, entre eles o eletrômetro de Perucca, de quadrantes e o eletrômetro absoluto^[4]. Hoje, com o advento dos materiais semicondutores, podemos construir eletroscópios e eletrômetros de altíssima sensibilidade. Passaremos agora a descrever a construção de um eletroscópio que utiliza como elemento sensor um Transistor de Efeito de Campo (FET)^[5].

Construção de um eletroscópio eletrônico

Os transistores convencionais apresentam uma baixa impedância de entrada, quando os mesmos começaram a ser utilizados esta característica constituiu uma das maiores restrições impostas pelos engenheiros ao seu uso, pois os mesmos estavam acostumados com a utilização das válvulas que são dispositivos que apresentam altíssima impedância. O desenvolvimento do Transistor de Efeito de Campo (*FET-Field Effect Transistor*) veio preencher esta necessidade. Este dispositivo é constituído por uma estrutura de material semicondutor uniformemente dopado do tipo N ou P, cuja resistência apresenta uma forte dependência com o campo elétrico aplicado transversalmente à direção de condução. A corrente, circula entre a Fonte e o Dreno e a modulação da resistência é obtida através da aplicação de um campo elétrico na Porta (Gate) como na Fig. 1.a. Na Fig. 1.b mostramos o diagrama elétrico de uma montagem básica utilizando um FET. A aplicação de uma tensão reversa entre a Porta e a Fonte (tensão negativa em relação à Fonte) causa uma diminuição da densidade de portadores livres na estrutura

semicondutora próxima à Porta e conseqüentemente, um aumento da resistência entre a Fonte e o Dreno.

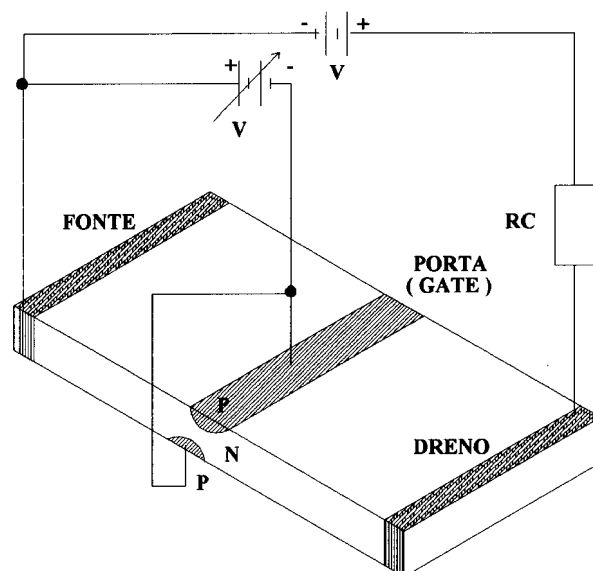


Figura 1a: Diagrama esquemático do Transistor de Efeito de Campo. No transistor do tipo N (2N3819), uma tensão negativa aplicada à Porta, provoca um aumento considerável da resistência elétrica entre a Fonte e o Dreno.

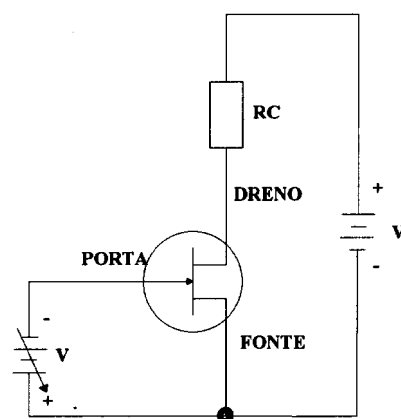


Figura 1b: Diagrama Elétrico do Transistor de Efeito de Campo.

Na Fig. 2.a mostramos o diagrama do eletroscópio, o qual é constituído basicamente por um transistor de efeito de campo (2N3819), um transistor comum (BC337), um LED e alguns resistores. Passaremos agora a descrever seu princípio de operação.

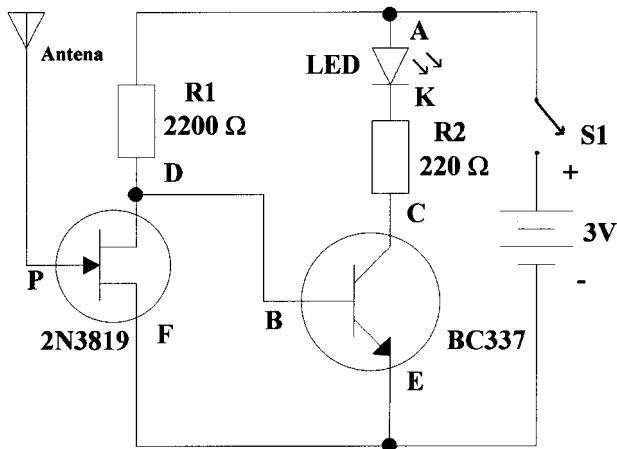


Figura 2a: Diagrama Elétrico do Eletroscópio.

Inicialmente, quando nenhuma diferença de potencial é aplicada na Porta do transistor de efeito de campo, o mesmo apresenta uma baixa resistência entre a Fonte e o Dreno (isto é, está em estado de condução) e conseqüentemente, a base e o emissor do transistor BC337 estão curto-circuitados e o LED permanece apagado, pois neste caso, o BC337 está em estado de corte. Quando aproximarmos um corpo eletrizado negativamente da porta do “FET” o mesmo entrará em estado de corte, conseqüentemente o transistor BC337 em estado de condução, aparecendo assim uma corrente em R_2 que acenderá o LED.

O transistor de efeito de campo 2N3819 é do tipo N, isto é, a modulação de resistência entre a Fonte e o Dreno só acontecerá se a diferença potencial aplicada na Porta for negativa, em outras palavras, nosso eletroscópio é sensível apenas à presença de cargas negativas.

Na Fig. 2.b mostramos os detalhes de construção do eletroscópio. Para um perfeito funcionamento do protótipo é importante seguir cuidadosamente os detalhes mostrados. Um ponto importante: a antena deve possuir um comprimento máximo de 20 cm e deve ser conectada diretamente à Porta do FET.

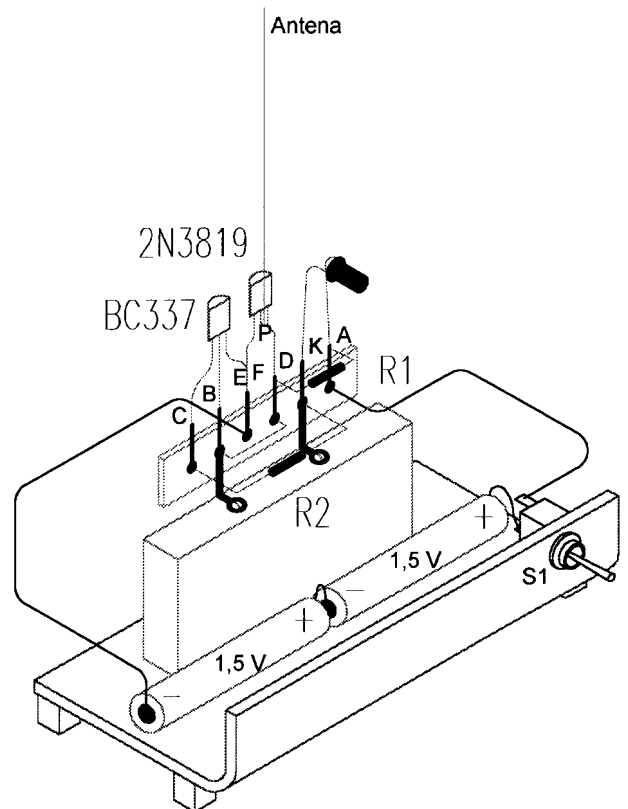


Figura 2b: Detalhes de construção do eletroscópio. A antena deve possuir um comprimento máximo de 20 cm e estar conectada diretamente à Porta do Transistor de Efeito de Campo (FET).

Vamos agora descrever algumas demonstrações que poderão ser realizadas com a utilização do eletroscópio.

Demonstrações

(1) Detecção de cargas negativas:

Para conseguir uma boa “fonte” de carga negativa pode-se por exemplo atritar um canudinho de plástico (utilizado para tomar refrigerante) com papel higiênico. Depois de eletrizado aproxima-se o canudo da antena do eletroscópio (fig 2b), a partir de uma certa distância (1m aproximadamente) ocorre a separação das cargas por indução na antena, os elétrons afastam-se da região próxima ao corpo carregado e acumulam-se na Porta do FET, isto cria um campo elétrico transversal que aumenta a região de cargas fixas localizada entre a Porta e o Canal, deste modo, a passagem dos portadores livres é grandemente dificultada, aumentando a resistência entre a Fonte e o Dreno, o FET entra em estado de corte, o transistor BC337 em estado de condução, e o LED

acende indicando a presença de carga negativa no canudo.

(2) Detecção de cargas positivas:

Para detectar a presença de cargas positivas em um determinado corpo, pode-se efetuar a detecção de cargas negativas, como na demonstração 1, e em seguida aproximar um corpo eletrizado positivamente, existirá uma distância à antena do eletroscópio em que a separação de cargas induzida pela carga negativa do canudinho será anulada pela separação induzida pela carga positiva do corpo, fazendo com que o LED apague. Uma boa “fonte” de cargas positivas é um pedaço de vidro atritado com papel ou o próprio papel com que foi atritado o canudinho.

Conclusão

O protótipo desenvolvido funciona perfeitamente e os componentes utilizados são facilmente encontrados em lojas revendedoras de material eletrônico. O custo total do projeto é de aproximadamente R\$10,00, o que o torna atraente para ser confeccionado.

Referências

1. Electricity in the 17th & 18th Centuries- J.L. Heilbron-University of California Press.
2. History of Physics-Spencer R.Weart, Melba Phillips- Americans Institute of Physics.
3. Curso de Física 3- Beatriz Alvarenga, Antônio Máximo-Editora Harbra Ltda.
4. Eletromagnetismo e Ótica-Gleb Wataghin- Editora Universidade de Campinas.
5. Eletrônica Básica para Cientistas-James Brophy- Editora Guanabara Dois.