

**Instituto de Física
UFRJ**



**PROJETO DE INSTRUMENTAÇÃO DE FINAL DE
CURSO**

**CIRCUITOS SIMPLES COM DIODOS
SEMICONDUCTORES PARA O
ENSINO MÉDIO**

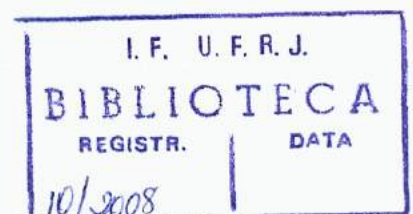
Aluno: Tarcisio Grozima Ferreira

Orientadora: Wilma Machado Soares Santos

Co-orientadora: Suzana de souza Barros

Setembro de 2008

10/2008



“ O assunto mais importante do mundo pode ser simplificado até o ponto em que todos possam apreciá-lo e compreendê-lo. Isso é ou deveria ser – a mais elevada forma de arte.”

AGRADECIMENTOS

- Aos meus pais, pelo total apoio a minha vida acadêmica;
- As professoras Wilma e Suzana, pela dedicação, críticas, sugestões, ensinamentos e paciência na orientação desse trabalho;
- Bárbara, minha esposa pelo seu companheirismo, incentivo e persistência.
- Rebeca minha filha pelo simples fato de existir.

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1 INTRODUÇÃO.....	01
CAPÍTULO 2 –CONCEITOS INICIAIS.....	04
2.1 EFEITO TERMIONICO.....	04
2.2 VÁLVULA DIODO.....	05
2.3 CONDUTORES E ISOLANTES.....	08
2.4 SEMICONDUTORES.....	10
2.5 DOPAGEM	13
2.6 JUNÇÃO PN.....	15
CAPÍTULO 3 – DIODOS SEMICONDUTORES.....	18
3.1 INTRODUÇÃO.....	18
3.2 DIODO RETIFICADOR.....	19
3.3 POLARIZAÇÃO DO DIODO.....	20
3.4 DIODO EMISSOR DE LUZ (LED).....	22
3.5 COMO O DIODO EMITE LUZ.....	26
CAPÍTULO 4 – ROTEIROS EXPERIMENTAIS.....	27
EXPERIÊNCIA 1 UM CONTROLE DE LUMINOSIDADE COM O USO DO DIODO....	27
EXPERIÊNCIA 2 O FUNCIONAMENTO DO SEMÁFORO	31
EXPERIÊNCIA 3 DIODO UMA CHAVE ELETRÔNICA.....	35
EXPERIÊNCIA 4 BRINCANDO COM O MAIS RÁPIDO.....	39
CAPÍTULO 5 –QUESTÕES DE VESTIBULARES.....	44
CAPÍTULO 6–APLICAÇÕES NO COTIDIANO.....	48
CAPÍTULO 7_ CONCLUSÃO.....	49
REFERÊNCIAS.....	50

RESUMO

Neste trabalho, apresentamos uma proposta de ensino onde o aluno possa aplicar o conceito teórico observado em sala de aula em situações do cotidiano e também dar o primeiro passo na compreensão de equipamentos e procedimentos técnicos ou tecnológicos, do seu cotidiano doméstico e social.

A eletricidade no ensino médio é muito discutida no aspecto eletromecânico, neste trabalho é estendida a discussão para que o aluno após conhecer os conceitos básicos da eletricidade, possa também tratar dos elementos da eletrônica a fim de que ele possa compreender o funcionamento dos rádio, televisão e computadores.

O diodo é o componente da eletrônica sobre o qual este trabalho foi elaborado, a sua escolha se deve ao fato de que além de ser o componente que abre espaço a compreensão de todos os outros ele também faz parte do conteúdo de provas de vestibulares. O diodo neste trabalho é abordado de forma teórica e experimental e complementado com algumas questões de vestibulares.

CAPÍTULO 1 INTRODUÇÃO

As dificuldades de alunos no ensino médio de física se devem ao distanciamento que se estabelece entre os conceitos abstratos e as experiências diárias dos alunos. É necessário considerar o mundo em que o aluno vive, assim como os problemas e indagações que movem a sua curiosidade. A eletricidade é uma das áreas da física onde o aprendizado se torna mais eficiente e interessante a partir do momento em que o aluno consegue estabelecer uma conexão entre o que ele aprende na escola e o que vivencia no dia a dia, até mesmo em sua própria casa.

Nas últimas décadas, uma das ciências que obteve o maior crescimento é a eletroeletrônica. Isto se deve ao fato de estarmos cercados por aparelhos eletroeletrônicos que nos informam e produzem lazer e conforto. A eletroeletrônica e os sistemas eletrônicos são aplicações práticas dos princípios gerais da eletricidade. A eletricidade é uma forma de energia originada pelo movimento de certas partículas chamadas elétrons. Essas partículas, ao circularem em um sentido ordenado (pela aplicação de um campo elétrico), através de determinados materiais, formam uma corrente elétrica que por sua vez produz efeitos como luz, calor, movimento, som magnetismo, etc.

Quando um estudante observa o funcionamento de um aparelho elétrico ou eletrônico, a primeira vista parece algo muito complexo, mas ao estudar os conceitos físicos da eletricidade e compreendê-los, verá que todos os aparelhos, do mais simples como chuveiro elétrico ao mais complexo como um computador estão relacionados por propriedades físicas e os componentes neles utilizados têm a função de manipular de alguma forma a corrente elétrica através de circuitos. Ao conhecermos alguns dispositivos eletrônicos e as propriedades físicas ligadas a eles podemos compreender um pouco melhor alguns aparelhos eletrônicos que fazem parte do nosso dia a dia.

Sob o olhar da nova lei de diretrizes e bases da educação (LDB 9394/96) [2] o ensino é entendido como a etapa final da educação básica. Isto significa que não tem como único compromisso nem a formação profissional, nem a preparação para o ingresso no ensino superior.

O atual ensino médio, objetiva preparar os alunos para participar da vida democrática e do uso das atuais tecnologias, de acordo com os Parâmetros Curriculares Nacionais [1]

“O início do aprendizado dos fenômenos elétricos deveria já tratar de sua presença predominante em correntes elétricas, e não a partir de tratamentos abstratos de distribuição de carga, campo e potencial eletrostático. Modelos de condução elétrica para condutores e isolantes poderiam ser desenvolvidos e caberia reconhecer a natureza eletromagnética dos fenômenos desde cedo, para não restringir a atenção apenas aos sistemas resistivos, o que tradicionalmente corresponde a deixar de estudar motores e geradores. Além dos aspectos eletromecânicos, poder-se-ia estender a discussão de forma a tratar também elementos da eletrônica das telecomunicações e da informação, abrindo espaço para a compreensão do rádio, da televisão e dos computadores.”

“A ótica e o eletromagnetismo, além de fornecerem elementos para uma leitura do mundo da informação e da comunicação, poderiam, numa conceituação ampla, envolvendo a codificação e o transporte de energia, ser o espaço adequado para a introdução e discussão de modelos microscópicos. A natureza ondulatória e quântica da luz e sua interação com os meios materiais, assim como os modelos de absorção e emissão de energia pelos átomos, são alguns exemplos que também abrem espaço para uma abordagem quântica da estrutura da matéria, em que possam ser modelados os semicondutores e outros dispositivos eletrônicos contemporâneos.”

Neste trabalho voltado, para os alunos que já possuem os conceitos básicos de eletricidade, é apresentado um estudo sobre os dispositivos semicondutores, que são apresentados da seguinte forma:

Capítulo 2

- 1- Breve histórico dos tipos de diodo
- 2- Estudo sobre os semicondutores.

Capítulo 3

Noções básicas dos tipos de diodos utilizados.

Capítulo 4

Experiências com uso do diodo semicondutor.

Capítulo 5

Questões de vestibulares atuais associadas a semicondutores.

CAPÍTULO 2 CONCEITOS INICIAIS

Neste capítulo abordamos conceitos físicos básicos necessários para a compreensão da válvula diodo e de diodo semicondutor.

2.1 EFEITO TERMIÔNICO

Os elétrons livres existentes em um corpo metálico possuem a qualquer temperatura, um movimento desordenado em virtude de sua agitação térmica (de modo semelhante ao que ocorre com as moléculas de um gás). Os elétrons que, nesta agitação constante, atingem a superfície do metal, são atraídos pelos íons positivos da rede cristalina e, à temperatura ambiente, não possuem energia suficiente para vencer esta atração, permanecendo, assim, no corpo do metal. Entretanto, se a temperatura do corpo for aumentada, a agitação térmica dos elétrons aumentará e um grande número deles conseguirá escapar da atração dos íons positivos. Estes elétrons que escapam do material passam a formar uma nuvem eletrônica próxima à superfície.

Este fenômeno de emissão de elétrons pela superfície de um metal aquecido é denominado emissão termiônica e foi observado, pelo inventor americano Thomas Edison. Por esse motivo, a emissão termiônica costuma ser também denominada efeito Edison. Na figura 2.1 apresentamos a montagem com a qual Edison, detectou o fenômeno da emissão termiônica:

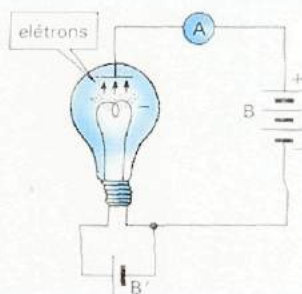


Figura 2.1 montagem através da qual Edison detectou o efeito termiônico [3]

Uma placa metálica havia sido introduzida na parte superior de uma lâmpada elétrica comum, situando-se em frente ao filamento metálico, como mostra a figura 2.1. A placa foi ligada ao pólo positivo de uma bateria B e o filamento ao pólo negativo desta bateria. Como sabemos atualmente, este filamento, ao ser aquecido pela bateria B' (efeito Joule), emitia uma grande quantidade de elétrons que eram atraídos pela placa. Em virtude disso, Edison observou que uma corrente elétrica era estabelecida no circuito da bateria B, sendo indicada pelo amperímetro. Naquela época, nem Edison, nem outros cientistas conseguiram uma explicação para o fato observado.

2.2 VÁLVULA DIODO

O efeito termiônico encontra a sua mais importante aplicação na constituição de válvulas eletrônicas, que foram muito usadas nos circuitos de rádio e televisão. A mais simples das válvulas é denominada diodo (o nome indica que ela possui dois eletrodos) e nada mais é do que uma adaptação da lâmpada com a qual Edison descobriu o efeito termiônico. O eletrodo é uma placa metálica por onde uma corrente elétrica entra ou sai dela. A figura 2.2 representa uma válvula diodo:

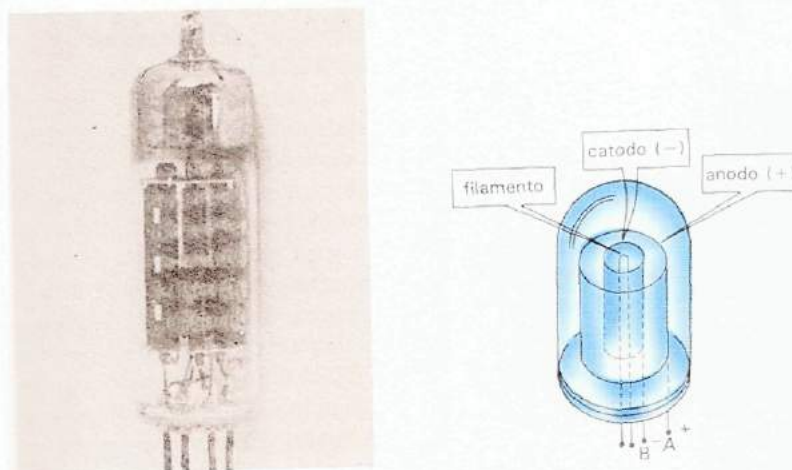


Figura 2.2 Foto da válvula diodo e esquema da mesma [3]

A válvula diodo consiste de um cilindro metálico (o catodo, isto é, o eletrodo negativo), que é aquecido por meio de um filamento existente em seu interior, no qual passa uma corrente elétrica. Este cilindro é envolvido por outro, também metálico, que constitui o anodo da válvula (eletrodo positivo). Aplicando-se uma voltagem aos pinos A e B como na figura 2.2, os elétrons que são emitidos em virtude do efeito termiônico, pelo catodo aquecido, dirigem-se para o anodo. É necessário que seja feito o vácuo no interior da válvula para melhorar este deslocamento dos elétrons. Desde a sua invenção, as válvulas diodo foram utilizadas amplamente em circuitos eletrônicos. Tal fato se deve a sua principal característica que é a de transformar corrente alternada em corrente contínua. Vamos entender como ela consegue fazer tal conversão, veja a figura 2.3.

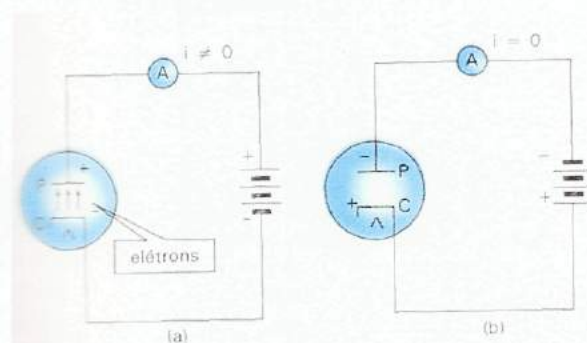


Figura 2.3 circuitos de condução de corrente na válvula diodo [3]

Na figura 2.3 (a) temos um circuito onde a placa P de um diodo é ligada ao pólo positivo de uma bateria e o catodo C é ligada ao pólo negativo. Nesta ligação, os elétrons emitidos pelo catodo aquecido são atraídos pela placa, logo uma corrente elétrica é estabelecida no circuito. Veja agora a figura 2.3 (b), neste circuito temos a placa P ligada ao pólo negativo e o catodo C ligada ao pólo positivo. Nesta ligação os elétrons emitidos pelo catodo aquecido são repelidos pela placa P, não havendo passagem de corrente entre C e P. A válvula diodo só permite a passagem de corrente quando o potencial em P é maior que o potencial em C, ou seja, a válvula diodo só permite a passagem da corrente em um sentido, bloqueando no outro.

Suponha agora, que um gerador de corrente alternada esteja ligado a uma resistência R , como mostra a figura 2.4 (a). A intensidade da corrente que passa em R , varia de acordo com o gráfico mostrado na figura 2.4 (b) mudando periodicamente de sentido, ou seja, a corrente passa através de R , ora em um sentido, ora em sentido contrário. Se uma válvula diodo for introduzida no circuito, da maneira mostrada na figura 2.5 (a), ela só permitirá a passagem da corrente no sentido indicado, impedindo que ela circule no sentido contrário. Desta maneira, a intensidade da corrente, depois da introdução da válvula diodo, variará de acordo como gráfico da figura 2.5 (b). Observe que esta corrente é interrompida periodicamente (pulsante) e é retificada, isto é, ela está passando no circuito sempre no mesmo sentido. Apesar de retificada, ela ainda não é uma corrente contínua (constante), como aquela fornecida por pilhas ou baterias. Entretanto, é possível associar à válvula diodo, certos dispositivos (capacitores), de modo a obter no circuito, uma corrente retificada cuja intensidade é praticamente constante, apresentando apenas pequenas flutuações no decorrer do tempo.

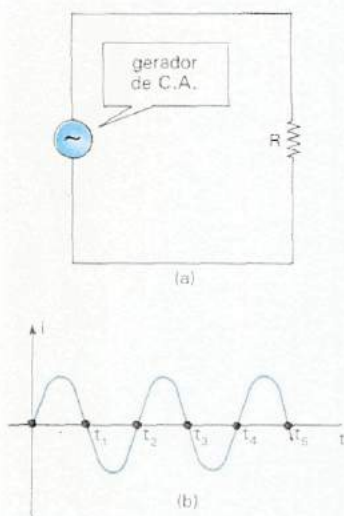


Figura 2.4 (a) gerador de corrente alternada ligado uma resistência R e (b) gráfico mostrando a variação da intensidade da corrente que passa no circuito, com o tempo. [3]

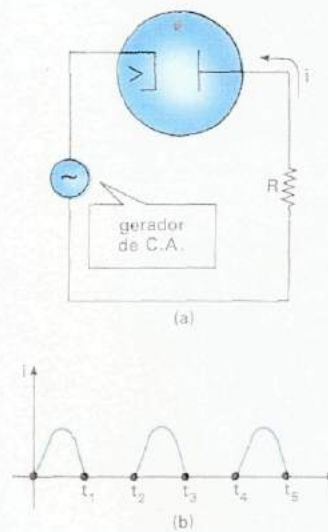


Figura 2.5 (a) gerador de corrente alternada ligada a um circuito contendo uma resistência R e um diodo e (b) gráfico mostrando a variação da intensidade da corrente com o tempo. [3]

2.3 CONDUTORES E ISOLANTES

No nosso cotidiano, seja em casa, no trabalho, na escola, estamos sempre em contato com materiais isolantes e condutores elétricos. É de nosso conhecimento que para se isolar instalações elétricas usamos fita isolante (borracha), e para ligar instalações elétricas usamos fios de cobre. Um condutor e um isolante possuem características bem distintas. De um modo geral podemos dizer que um material é condutor elétrico quando permite a movimentação de cargas elétricas, caso contrário, ele é chamado de isolante. O comportamento condutor ou isolante de uma substância depende do tipo de átomos que a constitui e da ligação entre eles.

No átomo isolado como o encontrado em um gás, o núcleo, formado pelos prótons e nêutrons, está rodeado pelos elétrons, os quais se distribuem em órbitas ou níveis de energia. Veja a figura 2.6.

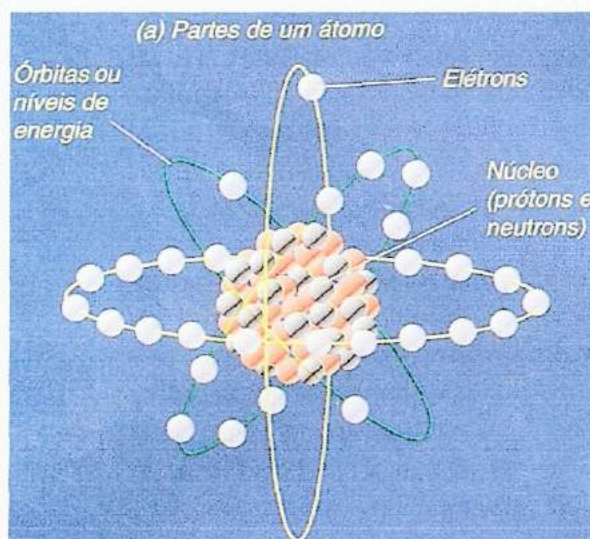


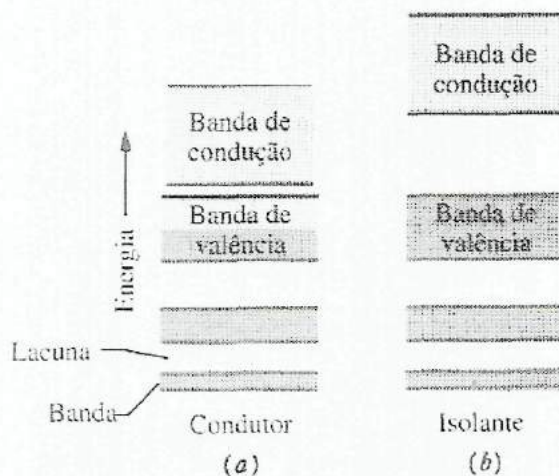
Figura 2.6 Diagrama da estrutura atômica do átomo [4]

Os prótons são partículas de carga positiva (+), os elétrons partículas de carga negativa (-) e os nêutrons de cargas neutras, ou seja, sem carga elétrica.

Os elétrons mais distantes do núcleo, localizados em níveis de energia mais externo, são denominados elétrons de valência e são muito importantes do ponto de vista elétrico porque determinam a condutividade de um material, ou seja,

sua maior ou menor facilidade para fornecer portadores de carga. Para ressaltar sua importância, a região do átomo constituída pelo núcleo e os elétrons das órbitas internas denominam-se comumente parte central. Portanto um átomo consta de uma região central e certo número de elétrons de valência e sob a influência de uma força externa, esses elétrons de valência podem facilmente escapar do átomo.

Os elétrons nos sólidos também ocupam níveis de energia e como eles estão muito próximos podemos configurar as bandas de energia. As bandas estão separadas por lacunas que representam faixas de energia que o elétron nos sólidos não pode ocupar, veja a figura 2.7.



As bandas são grupamentos de níveis de energia tão próximos que podemos tratá-las como faixas de energia contínua.

Figura 2.7 Os níveis de energia permitidos para os elétrons num sólido formam uma configuração de bandas permitidas e lacunas proibidas [5].

- a) Bandas para um material condutor
- b) Bandas para um material isolante

Num condutor metálico como o cobre, a banda mais alta, que contém alguns elétrons, chamada de banda de valência está parcialmente preenchida. Quando aplicamos um campo elétrico para estabelecer uma corrente, as energias dos elétrons de condução aumentam isto não causa problema, pois existem muitos níveis de energia vazios logo acima dos ocupados, dentro da banda de valência e a distância para a banda de condução é relativamente pequena, para que um material conduza eletricidade, é necessário que os elétrons de valência sob a ação de um campo elétrico aplicado saltem da banda de valência para a banda de condução. Assim um condutor é um sólido cuja banda de valência está apenas parcialmente completa ou cuja banda de condução coincide parcialmente com a banda de valência.

Num isolante veja figura 2.7 (b), a banda de valência está completamente preenchida e os níveis mais altos vagos se encontram numa banda vazia (chamada banda de condução) separada da banda de valência por uma lacuna de energia considerável. Quando aplicamos um campo elétrico, não ocorre nenhuma corrente, porque não possui nenhum mecanismo pelo qual um elétron possa aumentar sua energia. O salto de energia para o nível vazio mais próximo é muito grande.

2.4 SEMICONDUTORES

Entre os materiais condutores e os isolantes existe um grupo intermediário denominado semicondutores esquematizado na figura 2.8. O semicondutor é como um isolante exceto que a lacuna de energia entre a banda de condução e a banda de valência é suficientemente pequena, de modo que existe a probabilidade dos elétrons poderem pular de uma banda para outra por agitação térmica.



Figura 2.8 [5]

- a) Num condutor metálico, a banda de valência está parcialmente preenchida e a distância para a banda de condução é relativamente pequena.
- b) Num isolante, a banda de valência está completamente preenchida e a lacuna entre a banda de valência e a banda de condução é relativamente grande.
- c) Um semicondutor lembra um isolante, exceto que a lacuna entre a banda de condução e a banda de valência é relativamente pequena.

Semicondutores são materiais baseadas na propriedade de certas substâncias como o silício e o germânio (mais usados) e comportam-se como condutores ou como isolantes sob determinadas condições. Seu comportamento se deve a sua ligação química, chamada ligação covalente (por compartilhar elétrons) veja a figura 2.9.

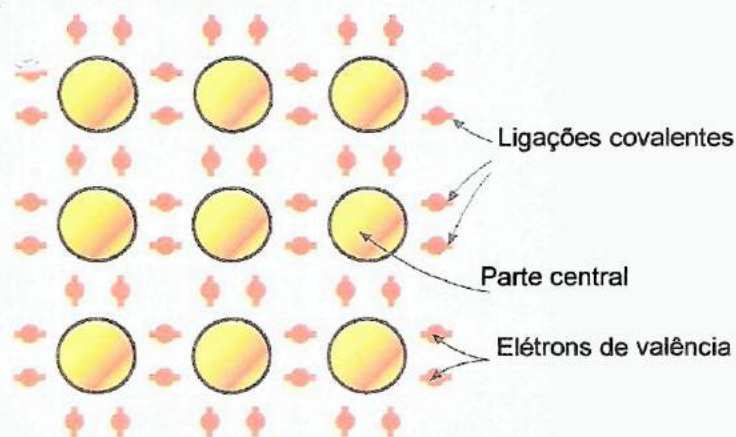


Figura 2.9 cristal semicondutor puro [4]

Todos os átomos de silício e germânio se ligam a quatro átomos vizinhos através da ligação covalente, ou seja, pares de elétrons da última camada do silício e germânio são compartilhados entre dois átomos ficando cada um com 8 elétrons na última camada. Os elétrons das camadas internas giram em torno do núcleo. Mas da forma como foram apresentados acima, em temperatura ambiente e completamente puros, Si e o Ge. são isolantes. Uma forma de aumentar a condutibilidade seria aumentar a temperatura, pois a agitação térmica faz com que alguns elétrons de valência rompam as ligações que os mantêm presos ao cristal e se convertam em elétrons livres, permitindo a circulação de corrente elétrica.

A saída de um elétron da faixa de valência deixa sempre na mesma, um espaço vazio carregado positivamente chamado lacuna, a qual é preenchida por outro de valência pertencente a um átomo vizinho. (Veja figura 2.10).

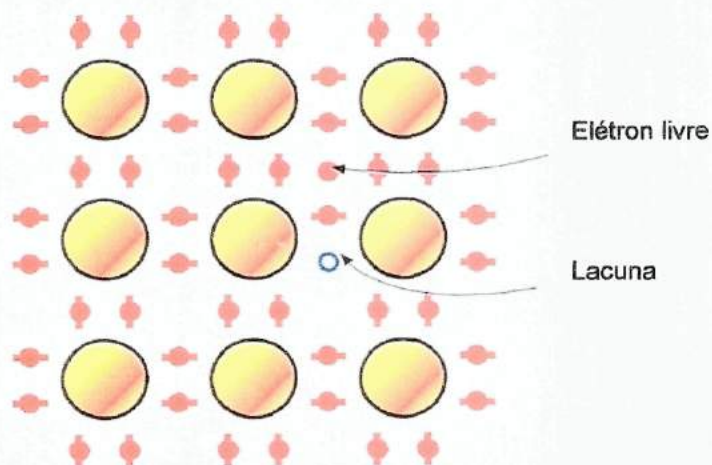


Figura 2.10 Cristal de silício [4]

Portanto, dentro de um semicondutor onde circula corrente, há um movimento permanente de elétrons e lacunas movendo-se ou propagando-se em direções opostas. Como o número de lacunas é sempre igual ao número de elétrons livres, a corrente de elétrons (real) é sempre da mesma grandeza que a corrente de lacunas (convencional).

Mas na prática, os cristais semicondutores puros são raramente empregados devido ao fato de que em seu estado natural, possuem poucos elétrons livres e precisam de grandes quantidades de energias para transportar correntes significativas. Para aumentar a condutibilidade do semicondutor a níveis de circulação de corrente que possam facilmente ser utilizados na indústria, é feito à chamada dopagem, ou seja, são introduzidas quantidades pequenas e controladas de impurezas (dopantes) que são as que determinam as características elétricas do semicondutor.

2.5 DOPAGEM

Os cristais dopados com impurezas pentavalentes são chamados semicondutores Tipo N. (Veja figura 2.11).

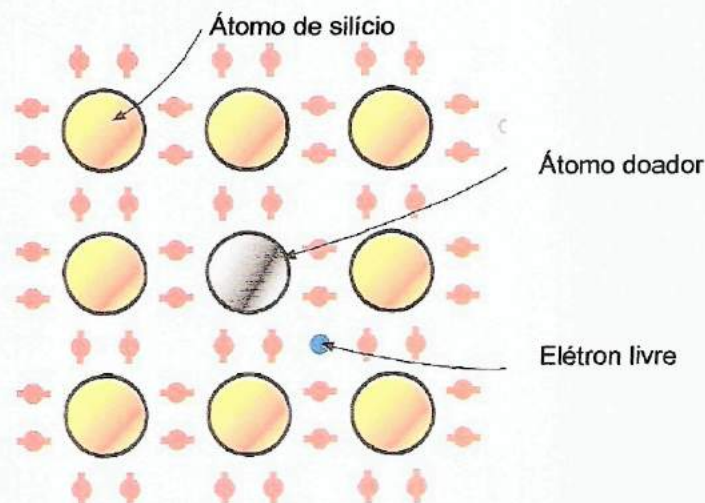


Figura 2.11 Semicondutor tipo N [4]

Os quatro dos cinco elétrons de valência do átomo dopante formam ligações covalentes com os quatro átomos vizinhos. O elétron restante fica livre para se movimentar através do cristal. Logo um semicondutor Tipo N é um doador de elétrons.

É usado o fósforo para dopar cristais de silício e arsênio, e antimônio para o germânio. Os cristais dopados com impurezas trivalentes são chamados semicondutores Tipo P. (Veja a figura 2.12).

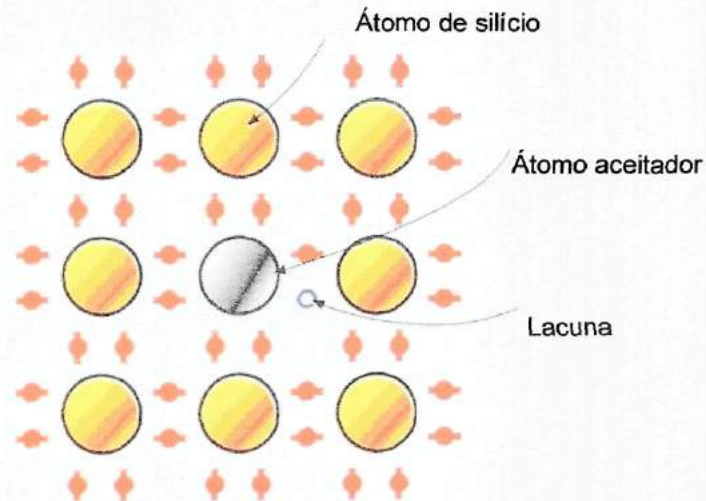


Figura 2.12 Semicondutor tipo P [4]

Os três elétrons de valência do átomo dopante formam ligações covalentes com três átomos vizinhos de silício. O elétron que falta origina uma lacuna e se comporta como uma carga positiva livre, capaz de atrair um elétron externo. Logo um semicondutor Tipo P é um aceitador de elétrons. São usados o alumínio e o boro para dopar cristais de silício, e o índio e o gálio para o germânio. Como resultado da impureza, um semicondutor Tipo N possui mais elétrons livres do que lacunas, e um semicondutor Tipo P, mais lacunas do que elétrons. As cargas em excesso são os portadores majoritários e as cargas em deficiência portadores minoritários.

Em um semicondutor Tipo N, os portadores majoritários são os elétrons e os portadores minoritários são as lacunas, no Tipo P é o inverso. Quando é aplicada uma tensão a um semicondutor Tipo N ou P, o resultado é uma circulação de corrente grande devido aos portadores majoritários, e pequena devido aos portadores minoritários.

Esta última, da ordem de micro-ampéres, denomina-se corrente de fuga e depende principalmente da temperatura. Os semicondutores do Tipo P e N separados não têm uma utilidade prática, mas quando é feito um dispositivo utilizando ambos, aparece, uma junção PN que é a base para o dispositivo eletrônico diodo de estado sólido.

2.6 JUNÇÃO PN

Em uma junção PN há inicialmente um excesso de elétrons livres no lado N e de lacunas no lado P. Logo alguns elétrons do lado N serão atraídos por algumas lacunas do lado P, e vice versa. (Veja a figura 2.13).

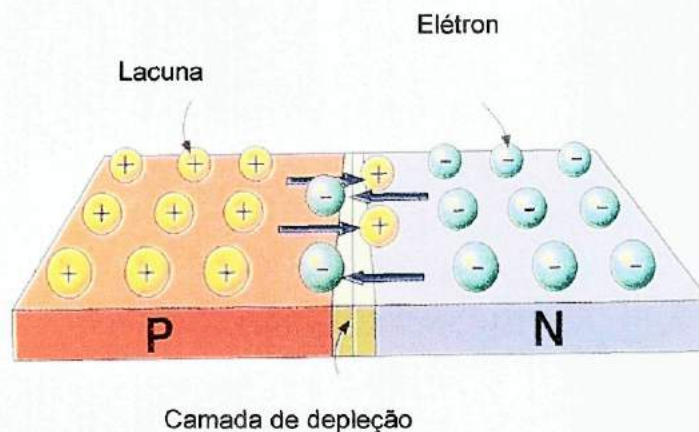


Figura 2.13 Barreira de potencial em formação [4]

O processo de intercâmbio de cargas que é extremamente rápido continuará até que na divisa entre os dois materiais, denominada camada de depleção seja formada uma barreira de potencial que impede a passagem, de um maior número de portadores majoritários de um lado para o outro.

Veja a figura 2.14

Barreira de potencial 0,7 V

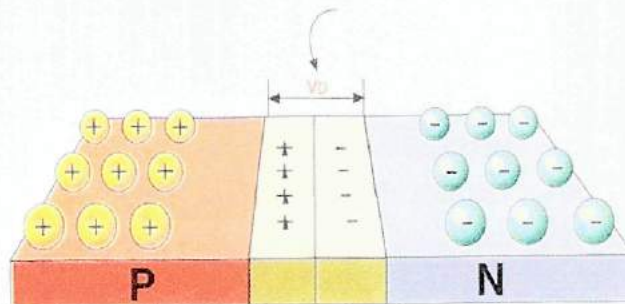


Figura 2.14 junção PN não polarizada [4]

Tipicamente, o potencial da barreira é da ordem de 0,7V para junção PN de silício e de 0,3V para junção PN de germânio. Se aplicarmos uma tensão externa com a polaridade indicada na figura 2.15 o efeito da barreira se acentua. Sob esta condição, denominada polaridade inversa, o pólo positivo (+) da barreira atrai os elétrons livres do material Tipo N e o pólo negativo (-) as lacunas do material Tipo P. Como resultado, a região de depleção se alarga e a união PN apresenta uma resistência muito elevada à passagem de corrente, comportando-se como um isolante. Somente uns poucos portadores minoritários (algumas lacunas em N e alguns elétrons em P) conseguem atravessar a barreira, permitindo que circule uma corrente de fuga muito fraca.

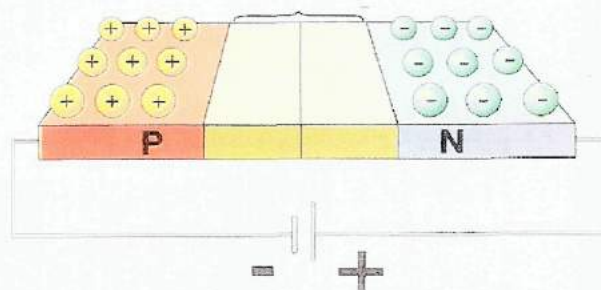


Figura 2.15 Polarização inversa [4]

Se for aplicada uma tensão externa como a polaridade indicada na figura 2.16, o efeito da barreira se atenua. Sob esta condição, denominada polarização direta, o pólo "+" da bateria repele as lacunas de P e o pólo "-" os elétrons de N, permitindo que atravessem a junção. Como resultado a camada de depleção se estreita e a união PN apresenta uma resistência muito baixa à passagem da corrente, comportando-se como um condutor.

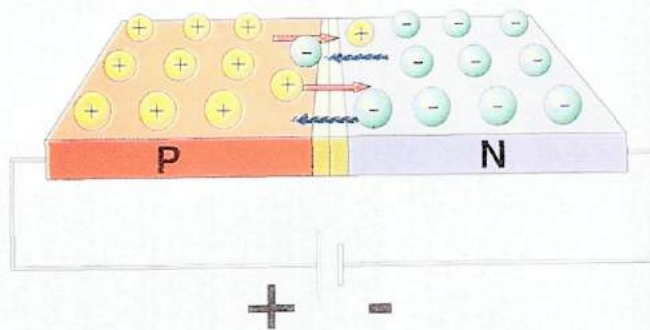


Figura 2.16 Polarização direta [4]

CAPÍTULO 3

DIODOS

O diodo é o dispositivo eletrônico mais simples possível feito a partir de um material semicondutor dopado (dopagem seção 2.5), e por isso ele é um excelente ponto de partida para entendermos o funcionamento dos dispositivos semicondutores mais complexos. Nesta seção serão abordados os conceitos básicos para a compreensão do diodo retificador e o diodo emissor de luz (led).

3.1 INTRODUÇÃO

Os dispositivos eletrônicos semicondutores são os grandes responsáveis pelos avanços tecnológicos na eletroeletrônica, eles são encontrados desde o diodo retificador, diodo emissor de luz (Led), transistores até os chips de microprocessadores. Tudo o que é computadorizado ou utiliza ondas de rádio depende dos dispositivos semicondutores. Os diodos em geral são dispositivos semicondutores de dois terminais, formados por uma junção PN, que permitem a passagem de corrente em um sentido oferecendo uma resistência muito baixa e bloqueando na direção contrária apresentando uma resistência muito alta. Eles atuam como válvulas unidirecionais. Os diodos semicondutores são denominados diodos de estado sólido, para diferenciá-los das válvulas termiônicas, as quais estudamos no capítulo 2.

Atualmente a maioria dos diodos semicondutores é fabricada em silício. Existem vários tipos de diodos semicondutores, iremos abordar apenas os retificadores e leds.

Nas figuras 3.1 e 3.2 são apresentados alguns tipos de diodo

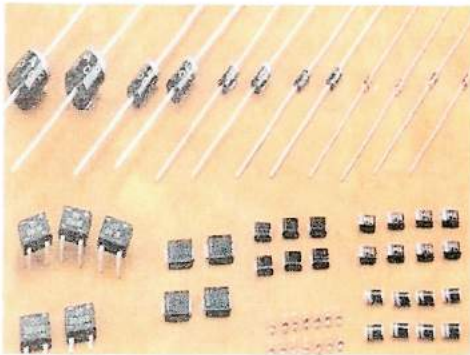


Figura 3.1 diodos retificadores [4]

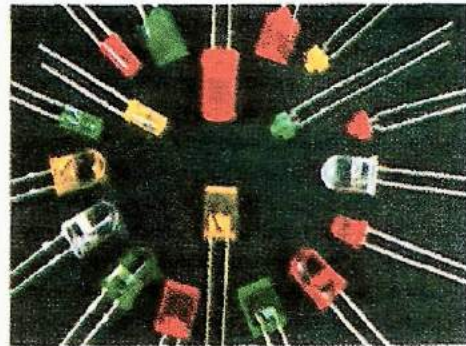


Figura3. 2 diodos emissor de luz (leds) [4]

3.2 DIODOS RETIFICADORES

Os diodos retificadores são componentes projetados para funcionarem como um interruptor controlado pela tensão que é aplicada aos seus terminais, ou seja, deixam a corrente passar em apenas um sentido. Com esta característica ele converte a corrente alternada em corrente contínua.

Este processo é chamado de retificação e é o primeiro passo para a construção de fontes de alimentação (fonte de alimentação é um conversor de corrente alternada para corrente contínua como exemplo temos os carregadores de celulares e fontes de rádio).

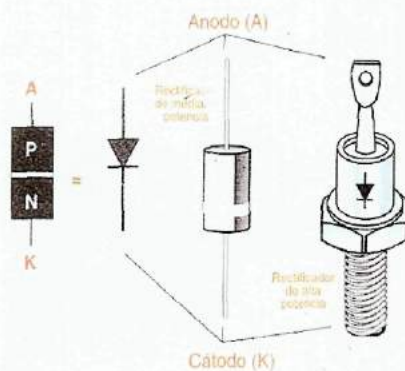


Figura 3.3 terminais do diodo [4]

Os terminais de um diodo em geral são chamados de anodo e catodo. O anodo (A), terminal positivo é ligado ao lado P e o catodo (K), terminal negativo é ligado ao lado N.

Nos diodos de forma cilíndrica o catodo se identifica por uma faixa de cor marcada ao redor do componente. Em outros casos o catodo se identifica por uma associação com o símbolo marcado no componente. (Veja figura 3.3)

3.3 POLARIZAÇÃO DO DIODO

Quando o diodo é submetido a uma diferença de potencial, diferentemente dos resistores que independem da forma como são inseridos no circuito ele apresenta um comportamento diferente, dependente da forma como ligarmos os pólos positivo e negativo da fonte de tensão nos terminais catodo e anodo.

POLARIZAÇÃO DIRETA

Na polarização direta, o pólo positivo da fonte é ligado ao terminal anodo e o pólo negativo ao terminal catodo. Nesta condição o diodo comporta-se como uma chave fechada tendo uma resistência muito baixa e permitindo a passagem da corrente, a ddp mínima para que isto ocorra é a mesma da junção PN que é 0,7 V para o diodo de silício e 0,3 V para o diodo de germânio.

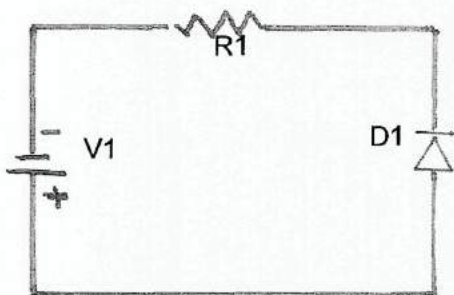


Figura 3.4a esquema em um circuito com polarização direta no diodo

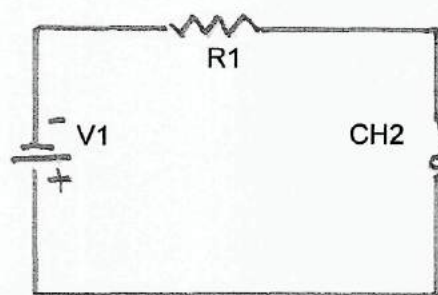


Figura 3.4 b analogia da polarização direta no diodo

- V1 Fonte de corrente contínua
- R1 resistor de carga
- D1 diodo retificador
- CH2 chave fechada

POLARIZAÇÃO INVERSA

Na polarização inversa aplica-se o pólo positivo da fonte ao terminal catodo e o pólo negativo ao anodo. Nesta condição o diodo comporta-se como uma chave aberta tendo uma resistência muito alta e não deixa a corrente fluir.

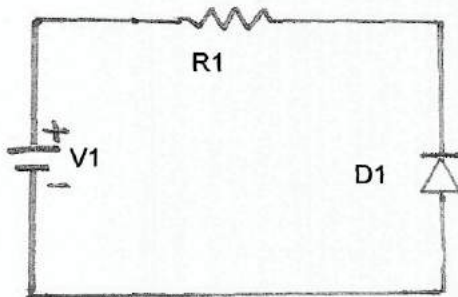


Figura 3.5a esquema do circuito de polarização inversa no diodo

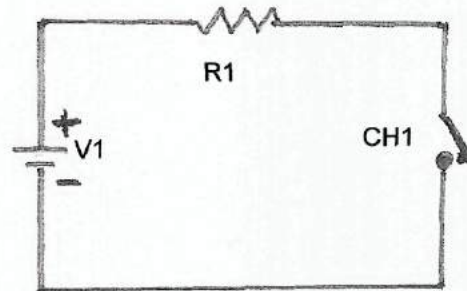


Figura 3.5b analogia da polarização inversa no diodo

- V1 fonte de corrente contínua
- R1 resistor de carga
- D1 diodo retificador
- CH1 chave aberta

O diodo real polarizado diretamente possui uma ddp um pouco superior a barreira de potencial da Junção PN, todavia este valor na maioria dos casos seria como se tivesse uma resistência de valor inferior a 1Ω em série com o diodo. No diodo real polarizado inversamente a corrente que flui por ele não é zero, mas possui um valor finito muito baixo da ordem dos mA ou nA, esta corrente denomina-se corrente inversa de fuga. Na polarização inversa um diodo pode chegar a conduzir se a voltagem atingir o valor de ruptura e destruir o componente. Nos diodos retificadores esta voltagem é muito alta da ordem de 100 Volts ou mais.

3.4 DIODOS EMISSORES DE LUZ - LEDS

O led é um tipo especial de diodo que tem a capacidade de emitir luz quando é atravessado por uma corrente elétrica. Como todo diodo, o led emite luz quando é polarizado diretamente, ou seja, se for polarizado inversamente ele não emite luz.

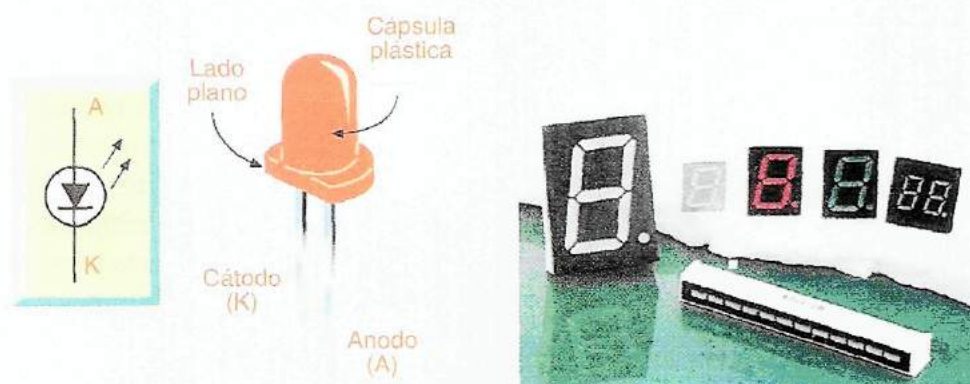


Figura 3.6 símbolo e foto do led [4]

figura 3.7 visualizador led

São visualizadores desenvolvidos a base de leds utilizado para visualizar letras e números, o mais comum é o display decimal formado por sete segmentos de leds. [4]

Os leds são muito importantes no mundo contemporâneo. Eles possuem inúmeras funções e aplicações nos dispositivos eletrônicos. Os leds fazem parte de relógios digitais, transmitem informação por controle remoto, nos indicam quando os aparelhos eletrônicos estão em operação: podem ser arrumados para criar imagens e controlar o tráfego como sinalizadores. Os leds são pequenas lâmpadas que podem ser encaixadas facilmente em circuitos eletrônicos. Mas, diferente das lâmpadas incandescentes, eles não possuem um filamento que é aquecido e eles não se aquecem muito em relação ao ambiente. Eles emitem luz somente em relação ao movimento dos elétrons no material semicondutor, e têm uma durabilidade comparável aos diodos tradicionais.

Os leds emitem luz vermelha, verde, amarela e azul (cada uma corresponde a um comprimento de onda). Existem leds que emitem luz infravermelha. A luz emitida por um led parte de um pequeno ponto luminoso, onde está a junção PN. Graças ao difusor ótico, que é uma semiesfera, temos a sensação de que a luz sai de todo o led e não apenas da junção PN.

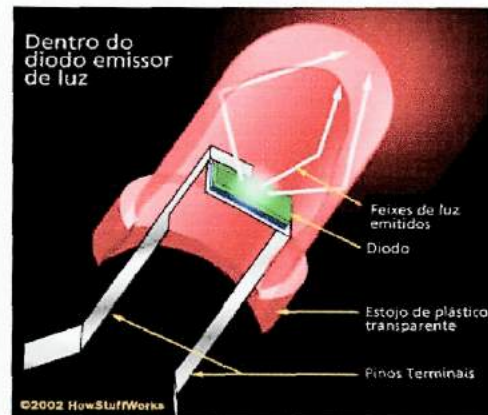


Figura 3.8 esquema do interior do led [7]

Os leds são especificados pela cor ou comprimento de onda da luz emitida, a queda de tensão direta (V_D), a máxima tensão inversa (V_R), a corrente máxima direta (I_D) e a intensidade luminosa. Tipicamente V_D varia de 1,6V a 2,8V e V_R de 4V a 5V. Conseguem-se leds com valores de I_D de 20 mA até mais de 100 mA e intensidade com menos de 0,5 mcd (milicandelas) até mais de 4000 mcd. O brilho do led é proporcional à corrente aplicada desde que o valor máximo não seja ultrapassado para não danificar o led. Normalmente nos circuitos os leds são protegidos por um resistor em série para limitar a corrente.

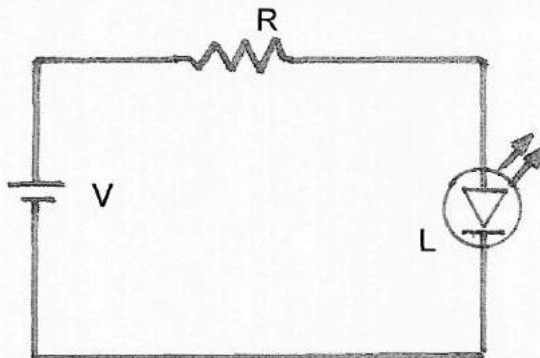
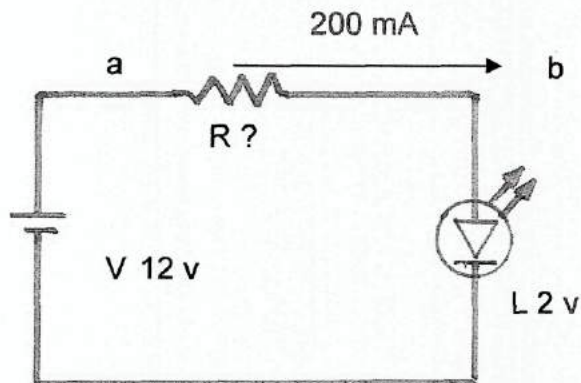


Figura 3.9 Circuito utilizando um resistor em série com o led

Considere que o led do circuito foi especificado para ter uma queda de tensão direta (V_R) de 2 Volts, e uma corrente direta (I_D) de 20 miliamperes. Podemos determinar o valor do resistor R para que o led (L) não seja danificado, Sabe-se que a voltagem da fonte V é de 12 volts.

Resolução:



Considere o circuito acima :

De acordo com a 2ª lei de Kirchoff aplicada as malhas obtemos:

$$-V_{ac} + V_{ab} + V_{bc} = 0$$

$$-12v + V_{ab} + 2v = 0$$

$$V_{ab} = 10v$$

De acordo com a lei de ohm : $I = V_{ab}/R$

$$R = V_{ab}/I$$

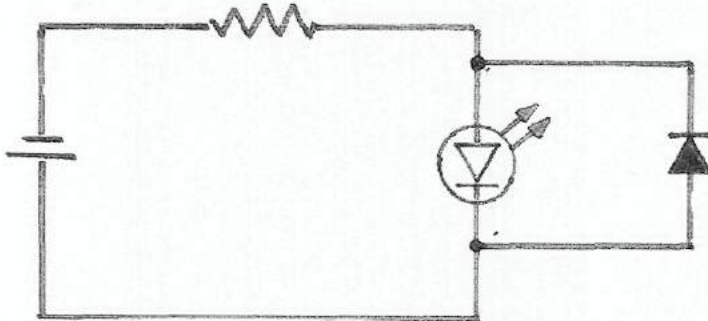
$$R = 10V/0.020A$$

$$R = 500V/A = 500\Omega$$

Os leds são fabricados para suportar uma tensão reversa normalmente de 5V, suponhamos que este led tenha sido fabricado com defeito e suporte apenas um tensão reversa (V_R) de 1,5V, Como se poderia criar uma proteção para o led caso alguém inverta a polaridade da fonte.

Resolução:

Veja o circuito abaixo:



Se for instalado em paralelo com o led um diodo retificador em posição contrária a polaridade do led, este componente irá funcionar como uma proteção, visto que a tensão reversa irá passar sobre o diodo. Este recurso é muito utilizado em circuitos de proteção de componentes contra tensão reversa como exemplo temos o circuito acima em rádios à pilha para protege-lô de uma inversão de polaridade de pilhas.

3.5 COMO O DIODO PODE EMITIR LUZ

O modelo atômico de Bohr revela que em um átomo, os elétrons movem-se em órbitas ao redor do núcleo atômico, e elétrons em diferentes orbitais possuem diferentes energias. Os orbitais de maior energia são aqueles mais distantes do núcleo atômico. Para um elétron saltar de um orbital interior para um orbital mais externo ele precisa receber energia por meio de algum processo físico.

Inversamente, o elétron perderá energia quando saltar do orbital mais externo para um orbital mais interno. A criação de pares de elétrons-buraco é o processo reversível através do qual os elétrons podem ocupar os diferentes orbitais atômicos. Os elétrons livres, que se movem através do diodo, podem ocupar um buraco da camada de P. Este processo envolve a queda da banda de condução (orbital mais externo) para um orbital inferior. Deste modo, energia é liberada quando um elétron se recombina com um buraco. Esta energia é liberada na forma de onda eletromagnética monocromática. Quanto maior a variação de energia do elétron ao saltar de orbitais, maior será frequência de onda eletromagnética produzida.

Este processo ocorre em qualquer diodo, mas somente podemos ver as ondas eletromagnéticas emitidas quando o diodo é composto de material particular cuja frequência esteja no espectro visível.

Os átomos em um diodo de silício, por exemplo, estão arranjados de tal forma que só os níveis orbitais eletrônicos muito próximos é que são usados pelos elétrons no processo de recombinação com os buracos. Devido à proximidade dos orbitais à frequência das ondas eletromagnéticas produzidas são tão baixas que são invisíveis ao olho humano. Elas estão na região do infravermelho do espectro eletromagnético.

CAPÍTULO 4

ROTEIROS EXPERIMENTAIS

Neste capítulo veremos algumas aplicações práticas do diodo retificador que foram trabalhadas sob a forma de roteiros experimentais.

EXPERIÊNCIA 1

UM CONTROLE DE LUMINOSIDADE COM O DIODO

a) Introdução teórica:

O conceito de voltagem está muito relacionado em nossa vida diária. Em nossas residências as tomadas elétricas são de 127 V para quem mora na cidade do Rio de Janeiro (em algumas cidades as tomadas elétricas são de 220 V). O termo voltagem está relacionado a diferença de potencial ou de tensão entre dois pontos A e B. Quando ligamos por meio de um condutor dois pontos com potenciais diferentes uma corrente irá fluir pelo condutor. Quando o sentido da corrente se mantém inalterado ao longo do condutor temos a corrente contínua que é fornecida por pilhas e baterias. Quando o sentido da corrente muda periodicamente temos a corrente alternada que é a corrente que encontramos nas tomadas elétricas residenciais. Para transformar a corrente alternada em corrente contínua temos que fazer uso de dispositivos retificadores que são denominados diodos retificadores.

b) Roteiro Experimental

Material utilizado:

- diodo 1N4007
- 1 interruptor 3pinos e 3posições (do tipo paralelo usado em controle de ventilador)
- 1 lâmpada 30W 127V
- 1 tábua de madeira 30(cm) × 50(cm)
- Fio condutor 0,5mm²
- 1 receptáculo E27 (bocal de lâmpada)

c) Monte o circuito esquematizado:

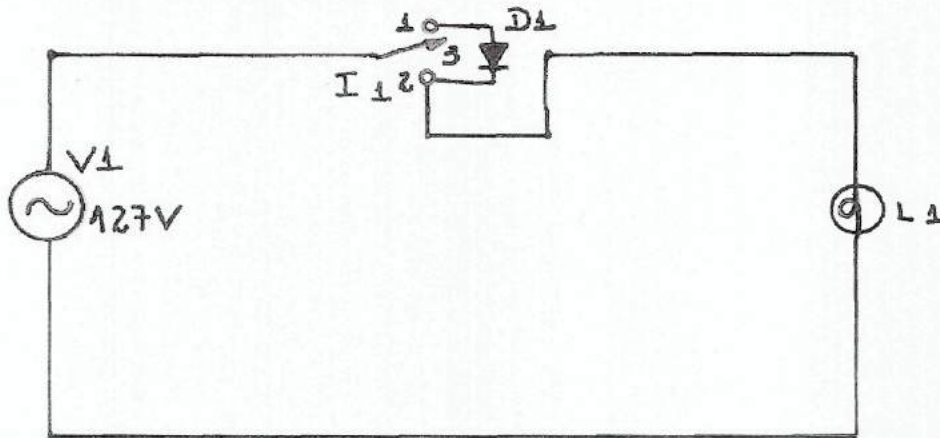






Figura 4.1 circuito do controle de luminosidade

Sendo:

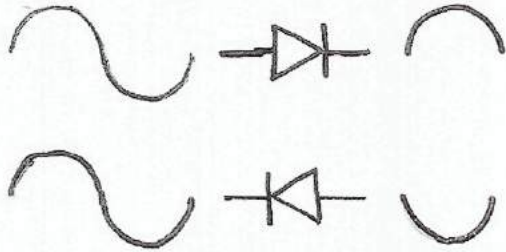
-  FONTE DE 127V ALTERNADA (TOMADA RESIDENCIAL)
-  INTERRUPTOR 3 PINOS E 3 POSIÇÕES (TIPO USADO EM CONTROLE DE VENTILADORES)
-  LÂMPADA DE 30W 127V
-  DIODO 1N4007

d) Análise do circuito:

1- Considere a chave na posição 1

A corrente passa pelo diodo sendo retificada em apenas um dos semi-ciclos, não importa se é o negativo ou o positivo pois o efeito é o mesmo. Observe que a lâmpada fica com a metade do seu brilho

Forma de onda antes do diodo



Forma de onda após o diodo

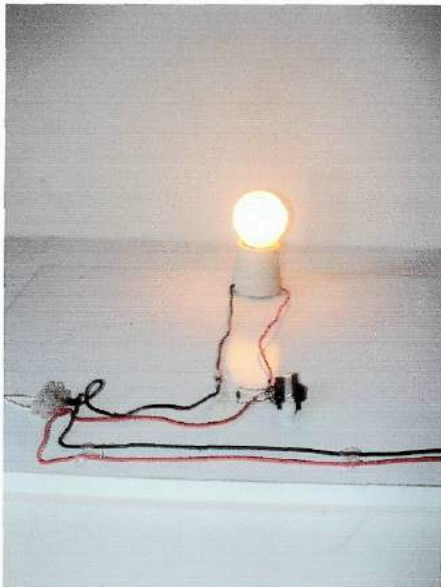


Figura 4.2 Lâmpada com metade do brilho

2- Chave na posição 2

Nesta posição o interruptor fecha o circuito, a corrente passa direto para os pólos da lâmpada. O efeito é o brilho total da lâmpada.

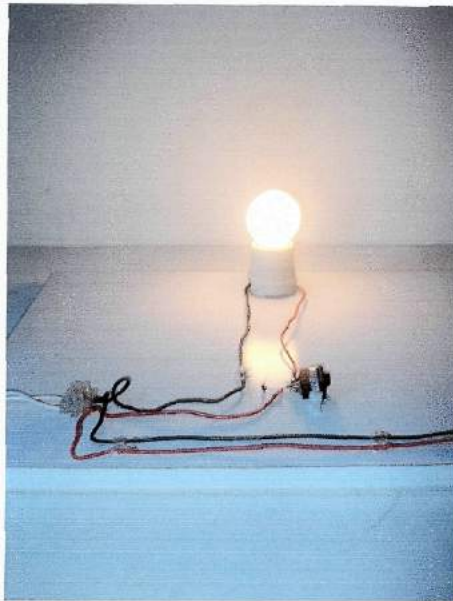


Figura 4.3 Lâmpada com brilho total

3- Chave na posição 3

O interruptor tem uma terceira posição onde não existe ligação elétrica dos pólos pois o circuito fica aberto, nesta posição a lâmpada fica desligada.

e) Conclusão:

Esta experiência tem como objetivo mostrar ao aluno que a energia elétrica que chega a nossa residência é variável no tempo (alternada), ou seja, ela oscila de um pólo positivo a outro negativo. Nesta experiência ele poderá ver o efeito causado pelo diodo retificador quando ele bloqueia um dos semi-ciclos da corrente alternada.

O aluno poderá ainda aprender a construir um controle de luminosidade que pode lhe ser útil para controlar o brilho de uma lâmpada incandescente.

Este circuito que o aluno irá aprender a montar também é muito utilizado em eletrodomésticos para reduzir a potência do mesmo. A maioria dos eletrodomésticos que possuem apenas duas velocidades (uma máxima e a outra com redução pela metade), tais como furadeira elétrica, liquidificador, batedeira, fazem uso do diodo retificador.

EXPERIÊNCIA 2

O FUNCIONAMENTO DO SEMÁFORO

a) Introdução teórica:

Polarização direta do diodo: É quando temos no terminal negativo (catodo) uma tensão menor que no terminal positivo (anodo), nestas condições o diodo conduz comportando-se como uma chave fechada.

Polarização inversa do diodo: É quando temos no terminal negativo (catodo) uma tensão maior que no terminal positivo (anodo), nestas condições o diodo não conduz comporta-se como uma chave aberta.

Semáforo é um dispositivo elétrico formado por duas lâmpadas uma verde e uma vermelha que precisam ser acesas independentemente.

Para se ligar uma lâmpada, precisamos de uma tomada de tensão de e dois fios condutores como esquematizado no circuito da figura 4.4.

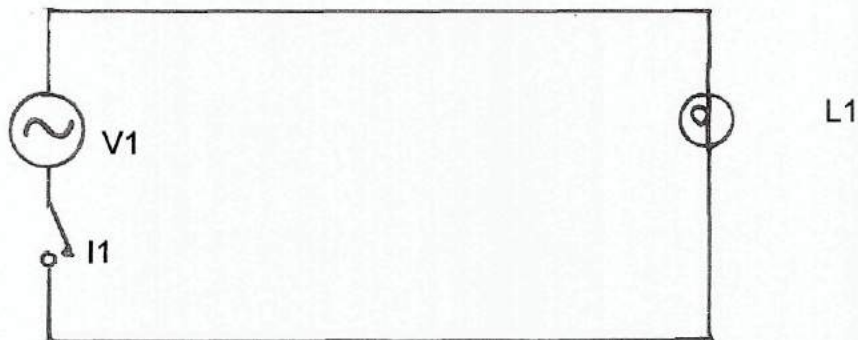


Figura 4.4 Circuito para ligar uma lâmpada

Se quisermos ligar duas lâmpadas, teremos um fio condutor comum ligado a um dos pólos das duas lâmpadas, mais um fio condutor para cada um dos pólos de cada lâmpada a ser acesa totalizando três fios condutores, como esquematizado no circuito da figura 4.5

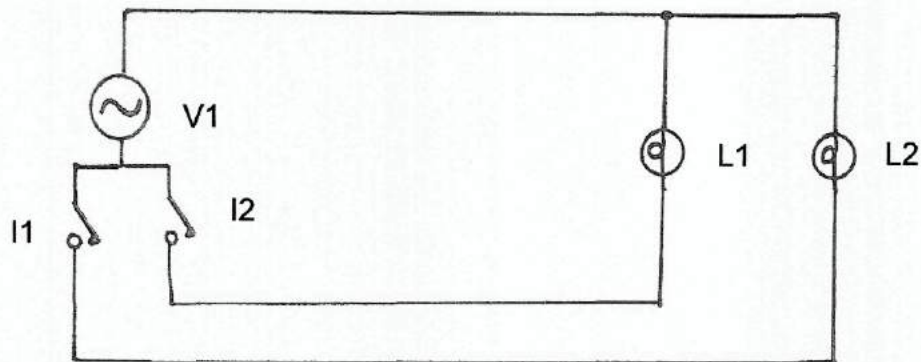


Figura 4.5 circuito para ligar duas lâmpadas

b) O funcionamento do semáforo:

Na construção de um prédio, quando o electricista passou os fios condutores para a ligação de um semáforo na garagem, ele cometeu um erro e só passou 2 fios condutores de uma tomada de tensão na cabine do porteiro até um ponto na garagem, onde ficará ligado um semáforo a ser controlado pelo porteiro. O semáforo utiliza 2 lâmpadas; uma verde e outra vermelha, que precisam ser acesas independentemente.

Sabendo que a tensão na cabine é 127 V alternada e conhecendo o diodo retificador, vamos ajudar o electricista a construir um circuito que possa resolver este problema.

c) Roteiro Experimental:

Material utilizado:

- 4 diodos 1N4007 (D1, D2, D3, D4)
- 1 lâmpada 127 V 15 W, incandescente verde (L1)
- 1 lâmpada 127 V 15 W, incandescente vermelha (L2)
- 2 interruptores simples (I1, I2)
- Uma tábua de madeira 50 cm x 30 cm
- Fio condutor 0,5 mm²

Monte o circuito que vai ajudá-lo a resolver este problema.

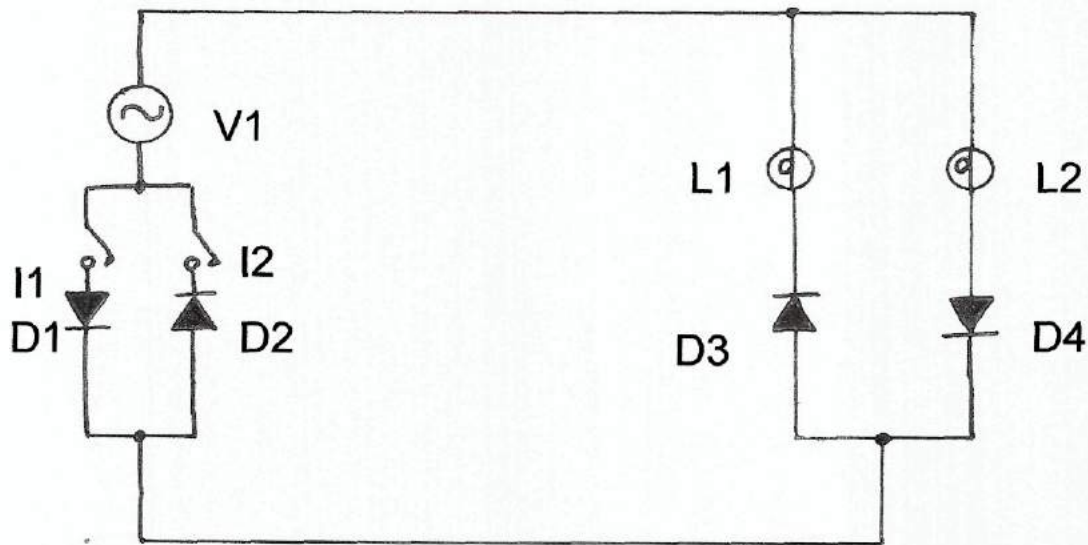







Figura 4.6 Circuito do semáforo (L1 lâmpada verde, L2 lâmpada vermelha)

Sendo:

-  Fonte de tensão alternada (tomada residencial 127 V)
-  Diodo 1n4007
-  Lâmpada 15 W incandescente 127 V - L1 verde , L2 vermelha
-  Interruptor do tipo NA (normalmente aberto)
-  Ponto de contato elétrico

d) Análise do circuito:

-Ligue o interruptor 1 e observe que o diodo D1 irá retificar o semiciclo positivo da tensão, logo apenas o diodo D3 ficará diretamente polarizado funcionando como uma chave fechada e acenderá a lâmpada verde.

- Ligue o interruptor 2 e observe que, o diodo D2 irá retificar o semiciclo negativo da tensão, logo apenas o diodo D4 ficará diretamente polarizado funcionando como uma chave fechada e acenderá a lâmpada vermelha.

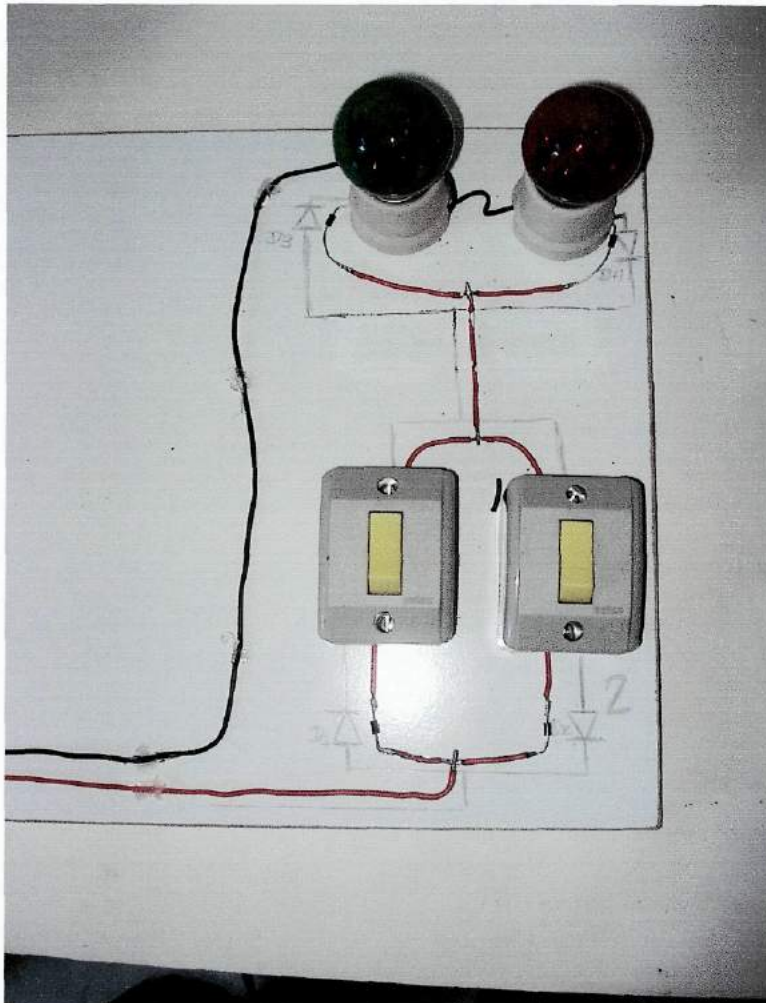


Figura 4.7a semáforo

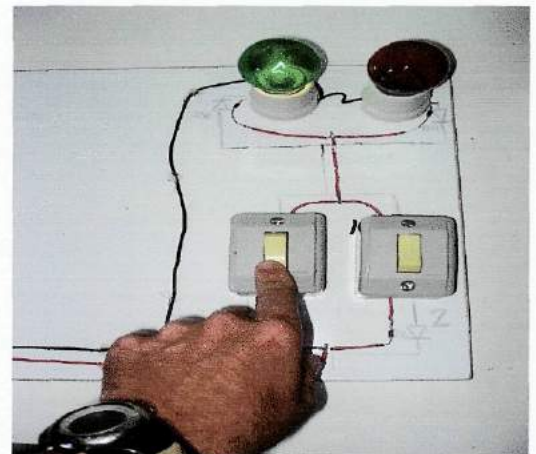


Figura 4.7b semáforo verde

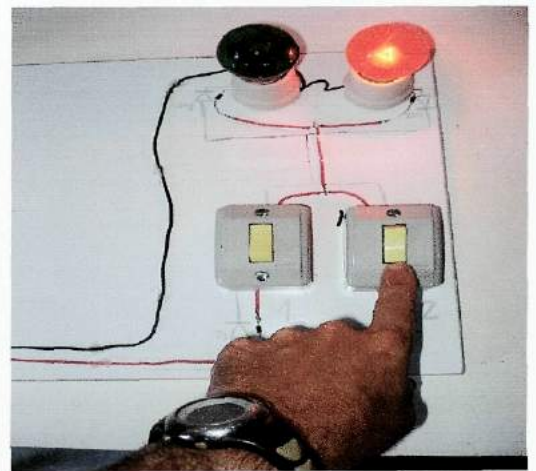


Figura 4.7c semáforo vermelho

EXPERIÊNCIA 3

DIODO UMA CHAVE ELETRÔNICA

Esta experiência foi montada a partir de uma questão de vestibular, que se encontra no capítulo 5, questão 3.

a) Conceitos básicos:

Lei de Ohm: Quando um condutor mantém a resistência constante ao variarmos a tensão ou a corrente dizemos que ele é um condutor ôhmico, (como exemplo temos os metais em geral, os resistores e resistências elétricas)

Diodo: O diodo é um dispositivo semicondutor que não obedece a lei de Ohm quando é polarizado diretamente funciona como uma chave fechada e quando polarizado inversamente funciona como uma chave aberta.

.Fonte de corrente contínua: São conversores de corrente alternada para corrente contínua, fazemos uso delas principalmente para substituímos as baterias (como exemplo temos os carregadores de celular, fontes de rádios). O elemento que faz a conversão da CA para CC é o diodo retificador.

Transformadores: São conversores de corrente alternada para corrente alternada servem para aumentar ou reduzir a tensão. Os mais utilizados são os redutores.

b) Roteiro experimental:

Material utilizado:

- 1 fonte 12V 500mA
- 1 transformador 127V / 12V 1A
- 2 tomadas
- 2 pinos
- 2 lâmpadas 12 V, 3 W (tipo lanterna de carro)
- 1 diodo 1n4007
- 2 soquetes para lâmpada dicrónica
- Fio condutor 0.5mm²
- Madeira 50cmx30cm

O experimento foi montado em uma tábua de 30cmx50cm, utilizando materiais de baixo custo, nos pontos A e B foi instalado um plug para que este possa ser conectado a uma fonte de corrente contínua de 12 V x 500 mA ou a uma fonte de corrente alternada (um transformador 127 V/12 V 1A).

Monte o circuito esquematizado abaixo:

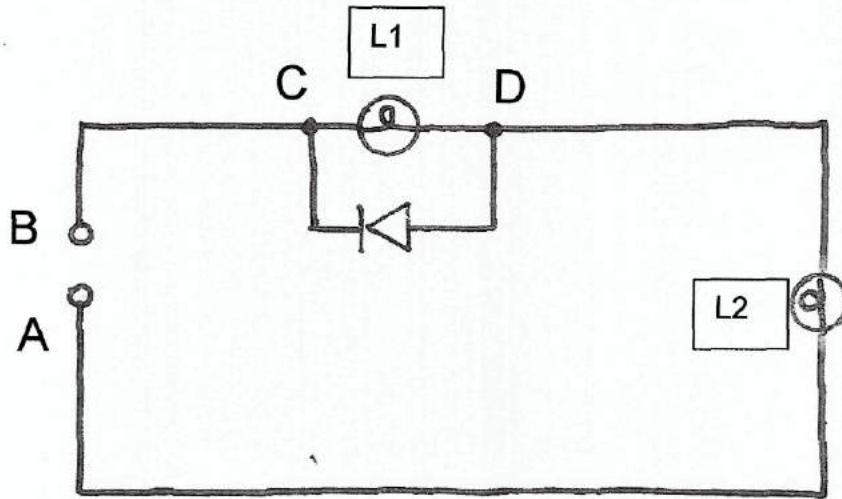







Figura 4.8 circuito chave eletrônica

Sendo:

-  Fonte de corrente contínua 12 V
-  Fonte de corrente alternada 12 V
(transformador 127 V / 12 V 1 A)
-  Diodo 1n4007
-  Lâmpada 12V 3 W (lanterna de carro)
-  Ponto de contato elétrico

c) Análise do circuito:

O ponto A e B são os pontos de contato onde iremos conectar a fonte de corrente contínua e a fonte de corrente alternada. Primeiramente vamos usar uma fonte de 12 V de corrente contínua. Se for aplicada uma tensão positiva no ponto B e negativa no ponto A, o diodo irá se comportar como uma chave aberta (polarização indireta), logo a corrente irá circular pelas lâmpadas L1 e L2.

O efeito observado é que as lâmpadas terão apenas metade do seu brilho, pois estarão funcionando como 2 resistores em série, veja figura 4.9.

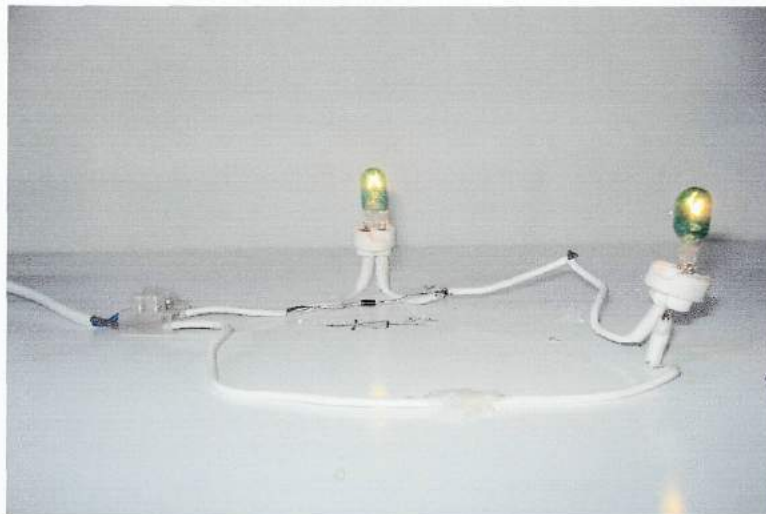


Figura 4.9 polarização indireta

Se for aplicada uma tensão negativa no ponto B e positiva no ponto A, o diodo irá se comportar como uma chave fechada (polarização direta), logo a corrente irá passar pelo diodo fazendo com que os pontos C e D fechem o circuito logo apenas a lâmpada L2 irá acender, o brilho da lâmpada será total, pois toda a tensão estará aplicada nos terminais da lâmpada, o esquema se encontra na figura 4.10.



Figura 4.10 polarização direta

Quando aplicamos nos pontos A e B uma fonte de corrente alternada veja o efeito na figura 4.11.

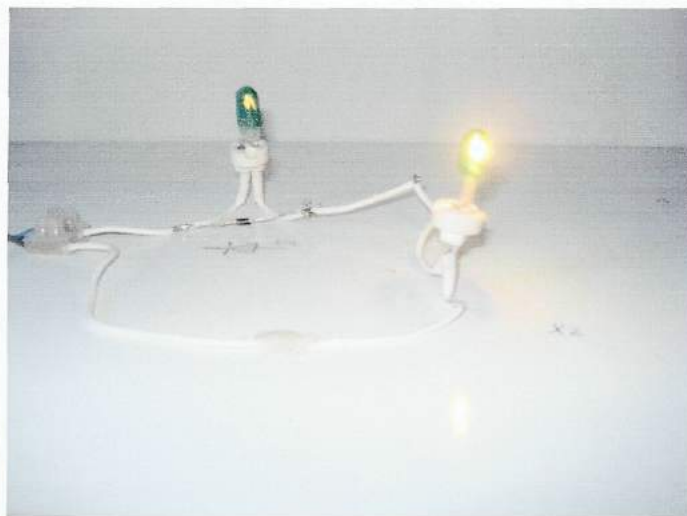


Figura 4.11 circuito com corrente alternada

A lâmpada L1 possui um brilho bem inferior a lâmpada L2, isto se deve porque a potência média sobre a lâmpada L1, é em média $\frac{1}{4}$ da potência total e a lâmpada L2 $\frac{3}{4}$ da potência total.

EXPERIÊNCIA 4

O JOGO DO MAIS RÁPIDO

Em muitos programas de televisão, existe um jogo de perguntas e respostas entre dois competidores, onde para responder as perguntas é preciso que o competidor que souber a resposta seja mais rápido ao apertar um botão onde uma lâmpada se acende indicando o competidor que foi mais rápido. Neste jogo é preciso que após o primeiro competidor apertar o botão e a respectiva lâmpada acender, a outra lâmpada independentemente do outro competidor apertar ou não o botão a sua respectiva lâmpada não se acenda. Para construir um circuito que possa realizar tal tarefa fazemos uso de um diodo retificador com uma porta de controle como demonstraremos a seguir:

a) Introdução teórica:

Retificador Controlado de Silício (SCR): É um diodo retificador que possui uma porta de controle, chamada de gate ele possui as mesmas características de um diodo retificador comum e sua única diferença é que ele só conduz quando na porta de controle é introduzida uma tensão positiva em relação ao catodo. Após o diodo entrar em condução ele permanecerá neste estado mesmo que a tensão positiva seja retirada, a única forma de fazer com que o diodo volte ao seu estado de não condução é fechar o circuito entre o catodo e o anodo ou desligar o circuito momentaneamente.

b) Roteiro Experimental

Material utilizado:

Madeira de 50 cmx 30cm
2 Diodos SCR TIC 106
2 Resistores de 37k Ω
2 Lâmpadas tipo lanterna de carro de 12 V 3 W
2 soquetes para lâmpada dicróica
2 Interruptores do tipo pulsador de campainha
1 interruptor simples
1 Fonte de corrente contínua 12Vx 500 mA
Fios condutores 0.5 mm²

Monte o circuito esquematizado :

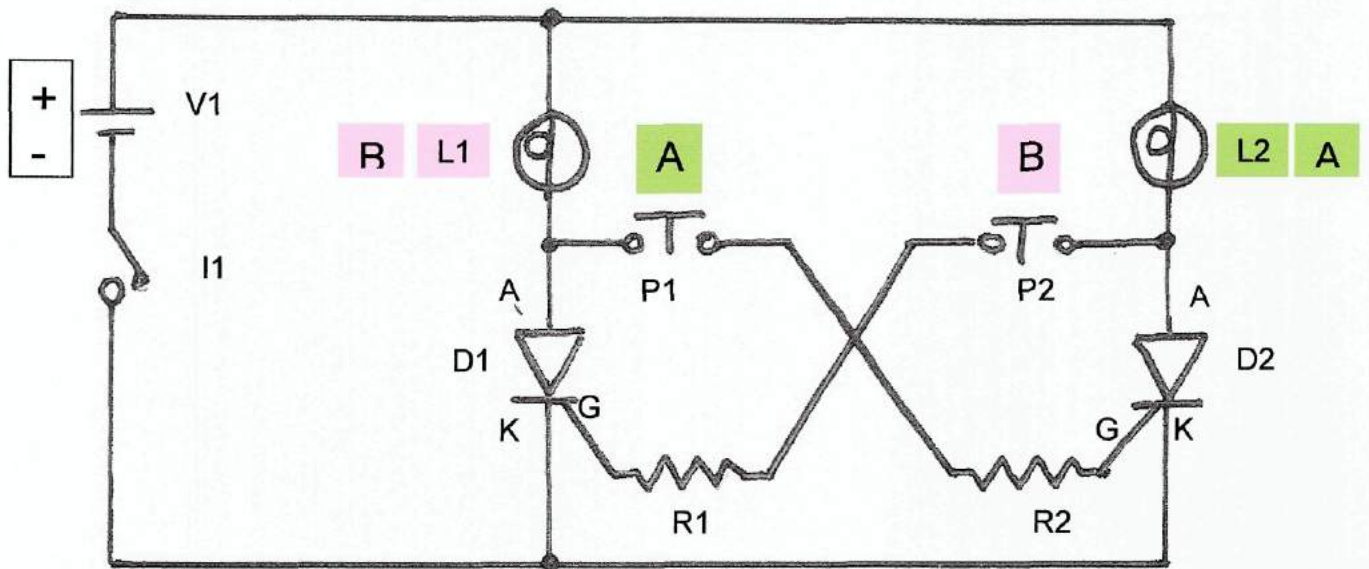
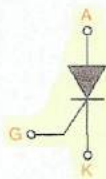


Figura 4.12 circuito do mais rápido



Símbolo do diodo SCR




Formato do diodo SCR utilizado no experimento


A anodo

K catodo


G gate

Sendo:


 L1 e L2 Lâmpadas 12V 3 W (tipo lanterna de carro)


 D1 e D2 Diodos SCR TIC 106


 R1 e R2 Resistores 37K Ω 1/8 W

 V1 Fonte 12 V / 500mA de corrente contínua

 P1 e P2 Pulsadores de campainha

 I1 interruptor

 Ponto sem contato elétrico

 Ponto com contato elétrico

c) Análise do circuito:

Cada um dos diodos SCR funciona como uma chave eletrônica se receber uma tensão positiva no terminal gate, ou seja, se tivermos no terminal anodo uma tensão positiva, no terminal catodo uma tensão negativa, ao aplicarmos uma tensão positiva no terminal gate (em relação ao catodo), o diodo SCR passará a conduzir corrente entre os terminais anodo e catodo.

Ao ligarmos o circuito as lâmpadas L1 e L2 estarão apagadas, pois nenhum dos dois terminais gates estarão recebendo uma tensão positiva, logo o diodo SCR está em um estado de não condução de corrente entre o catodo e anodo.

Vamos supor que o pulsador P1 (competidor A) seja pressionado, uma tensão positiva vindo da fonte passará pelos terminais da lâmpada L1 (que funciona como um resistor de baixa resistência), passa pelos terminais do pulsador P1, passa pelos terminais do resistor R2 (serve para limitar a corrente), e atinge o terminal gate do diodo D2, que ao receber tal autorização (tensão positiva) entra em condução e permanece neste estado .

Vamos agora considerar que o pulsador P2 (competidor B) seja pressionado em seguida, nada acontecerá, vejamos por que:

Como o diodo D2 está em estado de condução de corrente e sua resistência interna esta baixa, no terminal de P2 teremos uma tensão negativa, logo ao ser pressionado deixará passar uma tensão negativa para o gate do diodo D1 que não ira entrar em condução.

O funcionamento análogo acontecerá se o pulsador P2 (competidor B) for pressionado primeiro.

Para que possamos rearmar o jogo devemos desligar o circuito e liga-lo novamente pelo interruptor I1 para que o diodo SCR volte ao estado inicial.

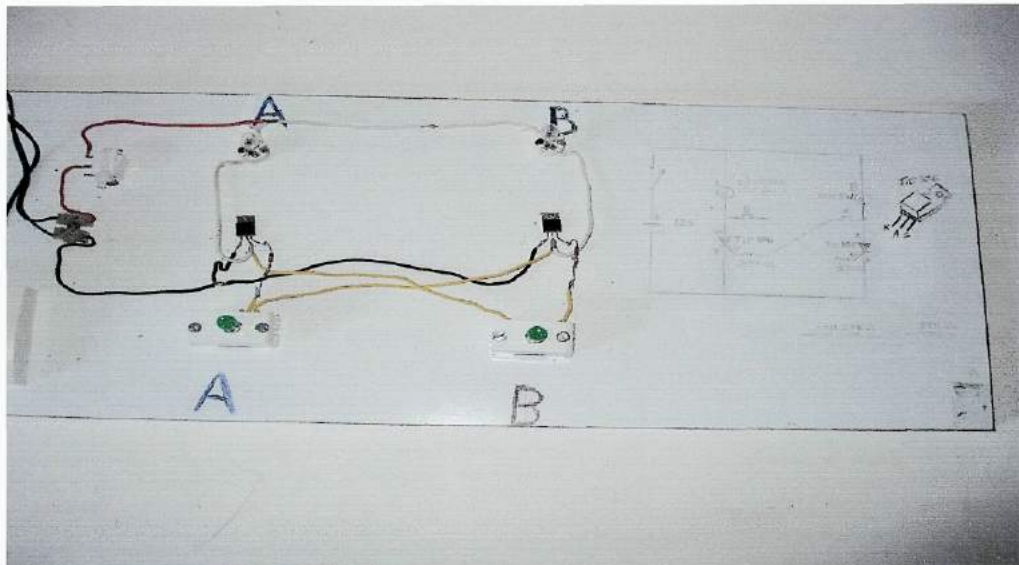


Figura 4.13a jogo do mais rápido

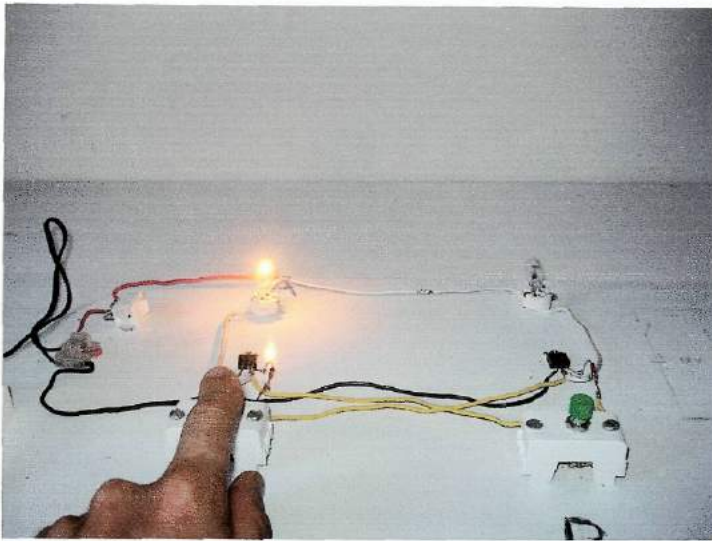


Figura 4.13b competidor A mais rápido

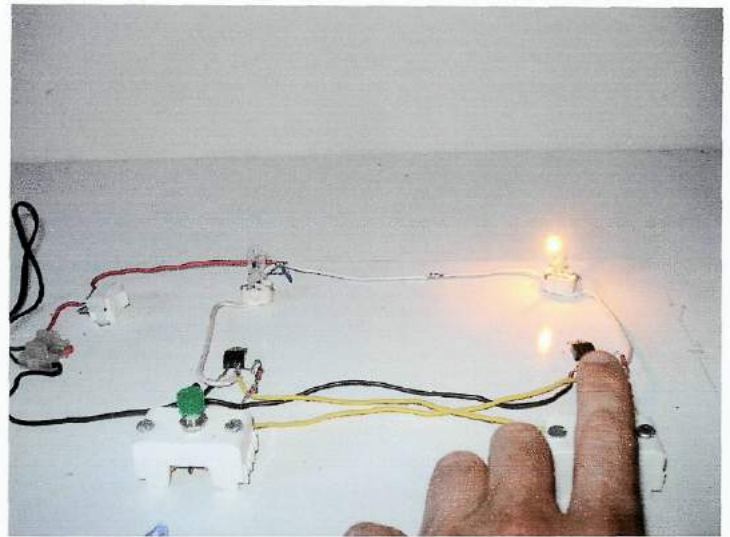


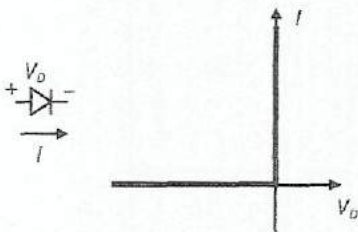
Figura 4.13c competidor B mais rápido

c) O objetivo desta experiência é mostrar ao aluno que o diodo é o componente eletrônico que abre espaço a compreensão de todos os outros, ele foi o primeiro passo para o desenvolvimento de todos os outros dispositivos semicondutores tais como transistores, circuitos integrados e outros.

CAPÍTULO 5 QUESTÕES DE VESTIBULARES

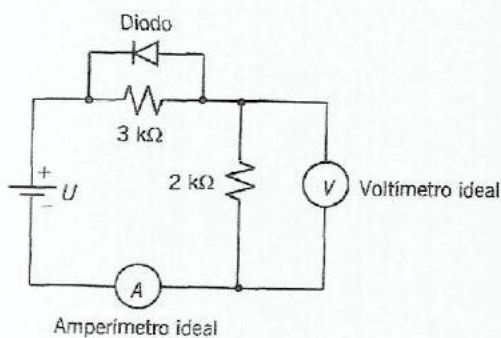
Neste capítulo, são apresentadas algumas questões de vestibulares atuais, que foram elaboradas sobre o conceito do diodo semicondutor.

Questão 1 (UNICAMP 2001) Grande parte da tecnologia utilizada em informática e telecomunicações é baseada em dispositivos semicondutores, que não obedecem a lei de Ohm. Entre eles está o diodo, cujas características ideais são mostradas no gráfico abaixo.



O gráfico deve ser interpretado da seguinte forma: se for aplicada uma tensão negativa sobre o diodo ($V_D < 0$), não haverá corrente (ele funciona como uma chave aberta). Caso contrário ($V_D > 0$), ele se comporta como uma chave fechada.

Considere o circuito abaixo:

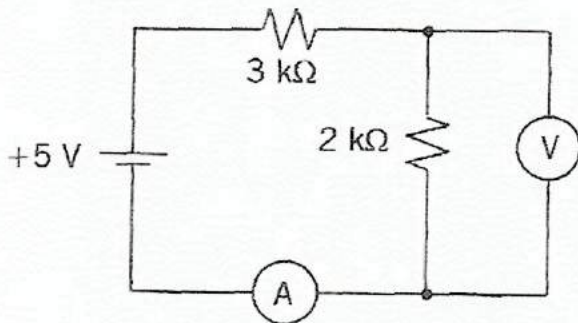


- a) Obtenha as resistências do diodo para $U = +5V$ e $U = -5V$.
- b) Determine os valores lidos no voltímetro e no amperímetro para $U = +5V$.
 $U = -5V$

Resolução:

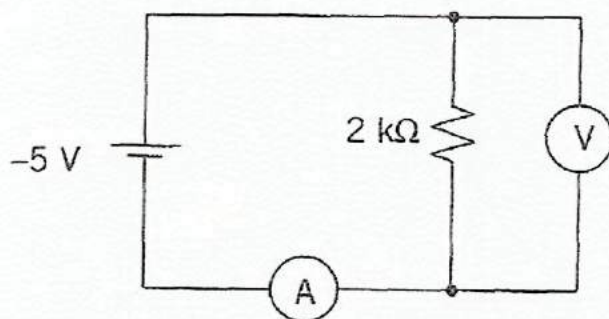
- a) $R = \infty$, para $U = +5V$
 $R = 0$, para $U = -5V$

b)



$$U = +5V \rightarrow i = \frac{U}{R_1 + R_2} = \frac{5V}{(3+2) \text{ k}\Omega} = 1 \text{ mA}$$

$$V = R_2 \cdot i = 2 \times 10^3 \Omega \cdot 1 \times 10^{-3} \text{ A} = 2 \text{ V}$$



$$U = -5V$$

$$i = \frac{U}{R_2} = \frac{-5V}{2 \text{ k}\Omega} = -2,5 \text{ mA}$$

$$V = \text{ddp} = -5 \text{ V}$$

Questão 2 (UFMG2007) Nos diodos emissores de luz, conhecidos como LEDs, a emissão de luz ocorre quando elétrons passam de um nível de maior energia para um outro de menor energia. Dois tipos comuns de LEDs são, o que emite luz vermelha e o que emite luz verde. Sabe-se que a frequência da luz vermelha é menor que a da luz verde. Sejam λ_{verde} o comprimento de onda da luz emitida pelo LED verde e E_{verde} a diferença de energia entre os níveis desse mesmo LED. Para o LED vermelho, essas grandezas são, respectivamente, $\lambda_{\text{vermelho}}$ e E_{vermelho} . Considerando-se essas informações, é CORRETO afirmar que :

- A) $E_{\text{verde}} > E_{\text{vermelho}}$ e $\lambda_{\text{verde}} > \lambda_{\text{vermelho}}$.
- B) $E_{\text{verde}} > E_{\text{vermelho}}$ e $\lambda_{\text{verde}} < \lambda_{\text{vermelho}}$.
- C) $E_{\text{verde}} < E_{\text{vermelho}}$ e $\lambda_{\text{verde}} > \lambda_{\text{vermelho}}$.
- D) $E_{\text{verde}} < E_{\text{vermelho}}$ e $\lambda_{\text{verde}} < \lambda_{\text{vermelho}}$.

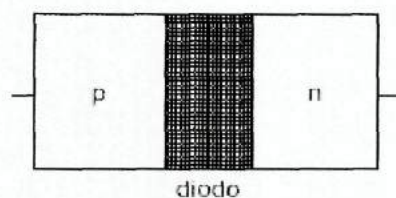
SOLUÇÃO

Considerando a luz como uma onda, então ela possui comprimento de onda " λ " e frequência " f ". De acordo com a teoria quântica, temos que a relação de energia e frequência é a seguinte: $E = h \cdot f$, claro que você não precisaria saber esta fórmula, precisaria apenas saber que quem tem maior energia é porque possui maior frequência, uma vez que o " h " nesta equação é a constante de Planck que está relacionada apenas com fenômenos quânticos, ou seja, do comportamento da matéria na sua condição mais fundamental, o que é o caso de um elétron ou de um fóton de luz.

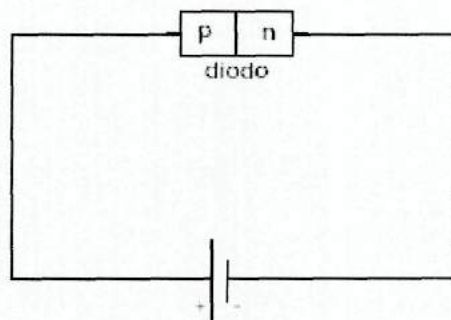
Sabendo então que a luz vermelha possui menor frequência, então sabemos que ele também possui menor energia. Mas quem tem menor frequência possui maior comprimento de onda. Então você sabe que quem tem menor frequência (luz vermelha) possui maior comprimento de onda " λ ". Conseqüentemente, quem tem maior frequência (luz verde) possui menor comprimento de onda " λ ". Então temos que a energia da luz verde é maior que a energia da luz vermelha e o comprimento de onda da luz verde é menor que o comprimento de onda da luz vermelha.

A opção correta é a letra B.

Questão 3 (UNESP 2001) A figura representa esquematicamente um diodo, dispositivo eletrônico formado pela junção de dois cristais semicondutores, um com excesso de portadores de carga positiva, denominado p, e outro com excesso de portadores de cargas negativas, denominado n. Junto à região de contato desses cristais, representada pela faixa sombreada, nota-se que, por difusão, parte dos portadores de carga positiva do cristal p passa para o cristal n e parte dos portadores de carga negativa passa do cristal n para o cristal p.



Liga-se esse diodo a uma pilha, formando o circuito da figura a seguir.



Pode-se afirmar que, nessas condições, o diodo:

- a) vai ser percorrido por uma corrente elétrica formada de portadores de carga negativa, no sentido de p para n, e de portadores de carga positiva, no sentido de n para p.
- b) vai ser percorrido por uma corrente elétrica formada de portadores de carga negativa, no sentido de n para p, e de portadores de carga positiva, no sentido de p para n.
- c) vai ser percorrido por uma corrente elétrica formada de portadores de cargas positiva e negativa no sentido de n para p.
- d) vai ser percorrido por uma corrente elétrica formada de portadores de cargas positiva e negativa no sentido de p para n.
- e) não será percorrido por nenhuma corrente elétrica em qualquer sentido.

A resposta correta é a letra B de acordo com o que vimos na seção 2.6.

CAPÍTULO 6

APLICAÇÕES NO COTIDIANO

SEMÁFOROS DE LEDS

Os diodos emissores de luz (leds) estão substituindo gradativamente as lâmpadas incandescentes, no comércio já são encontrados diversos tipos de lâmpadas construídas de leds, que vão desde uma lâmpada utilizando apenas um led até um farol de automóvel utilizando vários leds de potência. Uma grande aplicação do uso das lâmpadas leds em substituição as lâmpadas incandescente está nos semáforos de trânsito, é por isto que as grandes cidades do Brasil estão em processo de substituição dos semáforos de lâmpadas incandescentes por unidades de leds. Veja algumas vantagens dos leds:

- Os leds brilham mais, pois o seu conjunto preenche todo o orifício do semáforo e brilha da mesma forma em toda a superfície, fazendo com que tenha mais brilho no geral.
- As lâmpadas de leds duram anos, enquanto as incandescentes duram meses.
- Os leds consomem pouca energia

A economia de energia fazendo uso dos leds pode ser muito grande. Vamos supor que um semáforo utilize lâmpadas de 100 W, considerando que o semáforo possui três lâmpadas mas em qualquer instante apenas uma estará ligada, podemos supor que uma lâmpada de 100W estará ligada 24h por dia durante os 365 dias do ano. O valor médio do kWh é de R\$0,40, portanto o consumo de um dia é de $100W \times 24 h = 2,4 KWH$, e o custo de um dia é de $2,4 KWH \times 0,40 = R\$ 0,96$, o custo anual é de $R\$ 0,96 \times 365 = R\$350,00$ por semáforo. As grandes cidades possuem milhares de semáforos, considere uma cidade com 10.000 semáforos o consumo será de $R\$ 350,00 \times 10.000 = R\$ 3.500.000,00$ um custo muito alto apenas para operar semáforos.

As lâmpadas leds consomem de 15 a 20 W (valor total para um conjunto de vários leds que formam uma lâmpada led), portanto o consumo de energia cairia a um valor porcentual em média de 80%, logo uma cidade poderia economizar muito dinheiro simplesmente substituindo os semáforos antigos por unidades de leds.

Referência

[1] _ Brasil, Ministério da Educação Secretaria de Educação Média e Tecnológica. Parâmetros Curriculares Nacionais: ensino médio. Brasília: Ministério da Educação, 1999.

[2] _ Brasil, Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional. Brasília: Lei nº 9.394, de 20 de dezembro de 1996.

Efeito termiônico e válvula diodo:

[3] _ Máximo, A e Alvarenga, B. Curso de Física volume 3, 4ª edição, Editora Scipione, 1997.

Dopagem dos semicondutores e junção PN:

[4] _ Revista Seu Futuro É A Eletrônica, Ed. Setembro de 1999.

[5] _ M.Rothier. Notas de Aula: Introdução a Eletrônica, 1ª semestre de 2000, Instituto de física, UFRJ.

Condução nos sólidos:

[6] _ Walker, H.R. Fundamentos de Física, Eletromagnetismo 4ª edição, Livros Técnicos e Científicos Editora S.A.

Sobre leds:

[7] _ <http://eletronicos.hsw.uol.com.br/led2.htm>

[8] _ <http://hsw.uol.com.br/questao178.htm/printable>