

Esta prova avaliará a sua habilidade em montar circuitos eletrônicos, extrair dados, analisar e interpretar seus resultados. Você receberá uma caixa com os elementos necessários para a realização dessas atividades que será referida como *kit experimental*. A prova é composta por três questões independentes.

### O *kit experimental*

Dentro da caixa você encontrará:

- 5 resistores cobertos por fita isolante (mantê-los cobertos até o final da prova);
- 10 resistores de 1/4W com seus códigos de cores expostos;
- 1 potenciômetro de 1M $\Omega$
- 2 capacitores eletrolíticos, sendo um de 470 $\mu$ F e outro de 1000 $\mu$ F;
- 1 transistor bipolar tipo NPN, modelo **BC337**;
- 1 matriz de contatos (*protoboard*) de 170 furos para montagem dos circuitos eletrônicos;
- 1 multímetro digital da marca **TDZZ** modelo **DT803D** (com manual no Anexo I);
- 2 diodos emissores de luz (LED) na cor vermelha;
- 1 chave tátil de toque de 5mm;
- Fios diversos para conexões;
- 1 espaçador de madeira com fios de 1cm;
- 1 bateria de 9V com suporte para conexão;
- 1 garrafa de água (sem rótulo). *Não beber*;
- sachês: 1 sachê de açúcar e 1 sachê de sal.

A Figura 1 apresenta uma fotografia do *kit experimental* para simples verificação.



Figura 1: Vista geral do *kit experimental* do TBF'23.

### Observações:

1. Leia todas as instruções antes de manipular o *kit experimental*.
2. Ao longo de toda a etapa experimental serão operados circuitos eletrônicos de baixa tensão. Todavia, a organização do TBF'23 solicita que os participantes prendam cabelos longos para evitar acidentes.
3. Não é permitido remover a fita isolante dos resistores.

## Q1 - Introdução aos Componentes Eletrônicos Clássicos (12 pontos) <sup>1</sup>

Nesta primeira parte da prova, estudaremos os resistores, capacitores e diodos (este último, com ênfase no diodo emissor de luz).

### Parte A - Resistores misteriosos (5,0 pontos)

O resistor é componente eletrônico cuja função é dificultar a passagem de corrente elétrica em um circuito. Um componente eletrônico é chamado de **ôhmico** se, para toda tensão elétrica  $V$  aplicada entre seus terminais, tem-se uma corrente elétrica  $I$  que flui por ele tal que

$$V = RI, \quad (1)$$

onde  $R$  é uma constante chamada resistência elétrica do material. A Equação (1) é conhecida por lei de Ohm e a grandeza resistência elétrica determina o quão impactante o componente analisado é para dificultar a passagem de corrente. Em particular, um resistor ôhmico é também chamado de **resistor ideal**.

Os resistores possuem sistemas de cores em faixas no seu corpo para a determinação da resistência elétrica e tolerância de incerteza na resistência elétrica pela fabricação do material. Nesse problema, serão caracterizados os resistores fornecidos no *kit* experimental sem acesso às faixas de cores, isto é, aqueles que a indicação de seus valores de resistência estão ocultadas por uma fita isolante.

Antes de iniciar a montagens dos circuitos e aquisição de dados é importante esclarecer que, na prática da construção de circuitos eletrônicos, projetistas empregam acessórios para testes rápidos do circuito de interesse, evitando a pronta necessidade de confecção de uma placa impressa ou mesmo da soldagem dos componentes. Para esse fim, é comum o emprego da matriz de contatos (*protoboard*) para tais montagens (ver representação à direita na Figura 2 que ilustra a montagem de um circuito em um *protoboard*). Existem matrizes de contatos de diferentes tipos e tamanhos, cada qual mais conveniente para cada proposta. O *kit* experimental fornece um *mini-protoboard* de 170 furos ideal para pequenos circuitos. Tomando como referência seu sulco na orientação horizontal, todas as linhas verticais estarão conectadas no mesmo potencial elétrico. Para estabelecer conexões entre as linhas verticais utilizamos os próprios componentes ou fios (fornecidos também no *kit* experimental).

Outro equipamento eletrônico importante é o **multímetro**, que possibilita diferentes medidas em sistemas elétricos e eletrônicos, conforme o ajuste adequado do seu seletor. Esses aparelhos são sensíveis a valores além do limite indicado, o que é conhecido como **fundo de escala**<sup>2</sup>. Assim, desconhecendo os valores esperados é prudente ajustar o seletor para uma escala que suporta valores mais altos e então seguir reduzindo até a condição mais adequada para a medida de interesse, evitando danos ao equipamento. Com a devida escolha, um multímetro pode atuar como voltímetro, amperímetro, teste de condutividade, ohmímetro, entre outras funções dependendo do modelo do aparelho. Para mais informações consulte o manual do multímetro fornecido no Anexo I da prova (ao final deste material).

<b>A.1</b>	Meça a tensão entre os terminais da bateria fornecida.	0,5pt
------------	--	-------

<b>A.2</b>	Fazendo uso do multímetro fornecido, realize a medição direta do valor da resistência elétrica para os 5 resistores fornecidos com os valores ocultados por uma fita isolante. Apresente os resultados em uma sequência crescente.	1,0pt
------------	--	-------

Para os problemas seguintes, considere o circuito mostrado na Figura 2 à esquerda, com representação da montagem na *protoboard* à direita.

Utilizando a bateria fornecida, resistores com código de cores ocultados, fios para conexão, matriz de contato e o multímetro fornecido, construa o circuito mostrado na Figura 2 à esquerda.

<b>A.3</b>	Com o circuito montado, complete a Tabela 1 com os valores medidos e utilizando a Equação (1). Transcreva a tabela obtida para o caderno de respostas.	2,0pt
------------	--	-------

<sup>1</sup>Autoria de Prof. Dr. Leandro Cristante de Oliveira (UNESP – IBILCE) e Matheus Farias (Ph.D. em Harvard '26)

<sup>2</sup>O **fundo de escala** é o valor máximo no qual o instrumento realiza uma medida sem ser danificado.

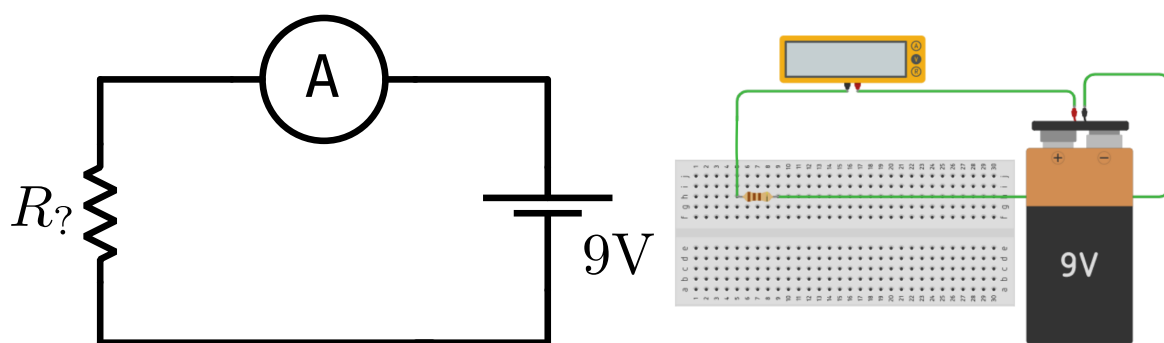


Figura 2: Circuito para medição da resistência elétrica através da lei de Ohm à esquerda e representação ilustrativa da montagem do circuito em um *protoboard* à direita. Valores nominais indicados. Ilustração da montagem gerada na página <http://www.tinkercad.com/>.

Resistor misterioso	Corrente Elétrica	Resistência Elétrica calculada ( $\Omega$ )
$R_1$		
$R_2$		
$R_3$		
$R_4$		
$R_5$		

Tabela 1: Medições de resistência e corrente elétrica para o circuito da Figura 2.

**A.4** Descreva o procedimento realizado para determinar a incerteza na medição da resistência no Problema A.2 e no Problema A.3. Qual dos dois procedimentos forneceu uma medição com maior precisão e por quê? 1,5pt

## Parte B - Tempo de descarga de capacitores (7 pontos)

Nas próximas seções alguns elementos eletrônicos serão apresentados, possibilitando um melhor entendimento de seu emprego em circuitos.

O primeiro é o diodo, que é um componente eletrônico que permite a passagem da corrente elétrica apenas em um sentido. Seu símbolo esquemático indica qual é a sua polaridade correta com uma seta que aponta o sentido permitido para a corrente elétrica fluir, conforme a representação abaixo:



O diodo emissor de luz (**LED**, do inglês *light-emitting diode*) é um dos vários tipos de diodo e sua função principal é converter a energia elétrica em luz. Sua representação é similar ao do diodo tradicional complementado por setas para indicar a emissão da luz. Fisicamente, o sentido da corrente é facilmente determinado olhando para as “pernas” do LED. O sentido de condução é da perna maior (ânodo) para a perna menor (cátodo).

Cor do LED	Tensão Elétrica	Corrente Máx
Verde	2.0 a 3.0 V	20 mA
Vermelho	1.8 a 2.0 V	20 mA
Amarelo	1.8 a 2.0 V	20 mA

Tabela 2: Valores de tensão e corrente elétrica adequados para o funcionamento de um LED padrão.

O capacitor é um componente eletrônico que armazena energia elétrica. Existem diferentes tipos de capacitores, mas no nosso problema focará nos capacitores eletrolíticos, cuja característica principal é a diferenciação dos polos positivo e negativo. Nesta etapa será avaliada a carga e descarga do capacitor eletrolítico fornecido, com brilho do LED indicando a passagem da corrente elétrica pelo capacitor durante todo o instante, conforme os parâmetros apresentados na Tabela 2.

Antes de montar o circuito na matriz de contatos convém verificar se o capacitor está funcionando adequadamente por meio do multímetro, seguindo os seguintes passos:

1. Coloque o multímetro na função condutividade, representado pelo símbolo de um diodo e de som;
2. Conecte o polo positivo do multímetro no polo positivo do capacitor e o polo negativo do multímetro no polo negativo do capacitor. Multímetros, em geral, fornecem uma tensão de 3V quando estão na função condutividade.
3. Altere a chave seletora do multímetro para a escala de tensão contínua a 20V (20 Vcc) e verifique a descarga do capacitor por meio da queda de tensão registrada no multímetro.

**Importante:**

Se não for possível visualizar a queda de tensão no passo 3, o capacitor apresenta problemas. Todavia, antes de entrar em contato com o aplicador de prova, verifique se os terminais do capacitor não foram invertidos no passo 2.

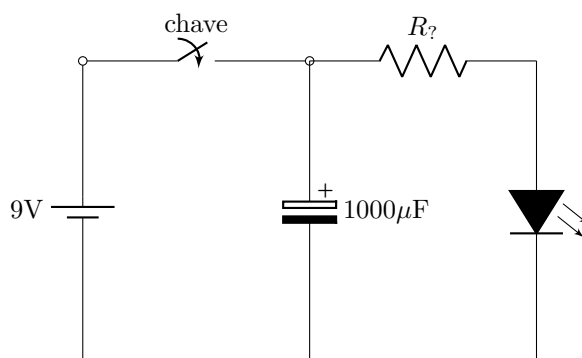


Figura 3: Circuito eletrônico para a avaliação da carga e descarga do capacitor.

Faça a montagem do circuito eletrônico da Figura 3. Dentre os resistores fornecidos no *kit* experimental, com código de cores ocultados ou não, escolha um com valor adequado para não danificar o LED ou queimá-lo, mediante seus cálculos. A escolha do resistor deve estar baseada na Tabela 2. Ao longo desse processo, aproveite para explorar o funcionamento da chave tátil de toque que possui 4 terminais a fim de prover seu uso adequado.

<b>B.1</b>	Explique o comportamento do circuito 1) antes de pressionar o botão; 2) durante o pressionamento do botão e; 3) após liberar o botão.	1,0pt
------------	---	-------

<b>B.2</b>	Calcule o tempo teórico para a queda de tensão no capacitor pela metade de sua tensão inicial. Apresente os cálculos na folha de resposta em função das variáveis $V$ , $C$ , $R$ (tensão, capacitância e resistência respectivamente) e fatores numéricos.	1,5pt
------------	---	-------

<b>B.3</b>	Com o capacitor inicialmente carregado, meça a tensão entre seus terminais. Utilizando o controle de tempo fornecido para a prova, determine em quanto tempo a tensão no capacitor cai pela metade. Refaça as medições agora sem a presença do LED no circuito. Compare os valores obtidos com o valor teórico do tempo de descarga do circuito RC da malha direita da Figura 3. Qual das duas situações forneceu uma medição mais fiel ao esperado pela teoria? Qual é a influência que a adição do LED tem na medição do tempo de descarga? O valor da resistência escolhida deve ser indicado no caderno de respostas.	2,5pt
------------	--	-------

Os fundamentos empregados no problema anterior permitem determinar na prática a resistência interna do multímetro quando seu seletor está ajustado para tensão em corrente contínua com fundo de escala em 20V ( $V_{cc}$  20V).

<b>B.4</b> Qual é o valor da resistência interna do multímetro? Descreva os procedimentos adotados. Não é necessário fornecer um valor para a incerteza da estimativa. 2,0pt
--

## Q2 - Semicondutores dopados e a tensão de ruptura (8 pontos) <sup>3</sup>

Nessa seção serão exploradas algumas propriedades de transistores bipolares e sua utilização combinada com alguns componentes eletrônicos.

O transistor é um elemento eletrônico criado por John Bardeen, Walter Brattain e William Shockley em dezembro de 1947 nos laboratórios da *Bell Telephone Company*. O invento permitiu uma revolução eletrônica por possibilitar a miniaturização de circuitos eletrônicos e redução no consumo de energia em transmissores, receptores, amplificadores, computadores, entre outros equipamentos. O componente rendeu aos seus criadores o prêmio Nobel de Física de 1956.

Os transistores são similares aos diodos no emprego de junções de materiais semicondutores “dopados”. O processo de dopagem consiste na introdução de impurezas de modo que o semicondutor assumo um tipo **N** ou **P** pelo excesso ou falta de elétrons na camada de valência de elétrons livres do material dopante, respectivamente. Por exemplo, ao adicionar como impureza o fósforo ou arsênio, que possuem cinco elétrons em sua camada de valência, ao silício (que possui 4 elétrons na camada de valência) as ligações covalentes estabelecidas entre esses materiais fazem com que o silício dopado fique com um elétron excedente, resultando em um semicondutor do tipo **N**. Por outro lado, se forem utilizados como impurezas o boro ou gálio, que possuem 3 elétrons na camada de valência, ao silício, criam-se lacunas pela ausência de elétrons gerando o tipo **P**.

Ao considerar um diodo composto por uma junção PN<sup>4</sup>, e compreendendo os efeitos físicos de atração e repulsão entre os elétrons na corrente elétrica e dos semicondutores dopados do diodo, é possível justificar o sentido único de passagem da corrente elétrica nesses componentes.

Contudo, os transistores bipolares possuem duas junções de 3 ligas semicondutoras dopadas (de silício ou germânio, por exemplo) formando construções do tipo **PNP** ou **NPN**, com 3 terminais (ou pernas) aos invés de duas, como ocorre no diodo. Os terminais de um transistor bipolar do tipo **PNP** ou **NPN** recebem os nomes: base, coletor e emissor, e a disposição em cada componente específico pode ser encontrada na folha de dados (*datasheet*) do fabricante. A Figura 4 apresenta um recorte do *datasheet* que auxiliará na resolução da prova.

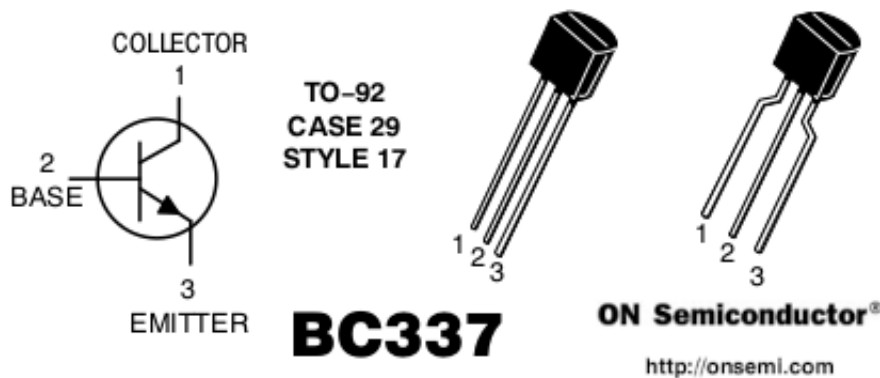


Figura 4: Recorte de informações da folha de dados do transistor BC337 extraídas da fonte <https://www.onsemi.com/pdf/datasheet/bc337-d.pdf>. Na esquerda é apresentado o símbolo do transistor circulado. Essa representação pode variar dependendo do padrão de desenho utilizado (europeu ou americano, por exemplo). Na direita temos um esquema equivalente representando o transistor numa visão tridimensional, mais próximo do componente físico.

### Parte A - Oscilador de base flutuante (8 pontos)

Deve ter sido constatado até o momento que os diodos permitem a passagem da corrente elétrica em somente uma direção (do ânodo, **P** ou +, para o cátodo, **N** ou -). Porém, ao ser submetido a uma considerável diferença de potencial, conhecida também como tensão de ruptura, um diodo pode permitir a passagem da corrente elétrica no sentido inverso.

<sup>3</sup>Autoria de Prof. Dr. Leandro Cristante de Oliveira (UNESP – IBILCE) e Matheus Farias (Ph.D. em Harvard '26)

<sup>4</sup>A junção **PN** forma uma camada de depleção na interface de contato. Tal junção requer uma tensão de polarização para seu funcionamento, porém, para fins de cálculo e da prática experimental, esse valor pode ser desprezado. Em geral este valor é tal que a diferença de potencial entre o terminal coletor e a base do transistor é menor que  $-0.7\text{ V}$

Para diodos comuns esse limite é bastante alto, apesar de existir pelo menos um tipo de diodo onde esse efeito é desejado. Esse é o caso do diodo Zener, usado tipicamente na eletrônica para a regulação de tensão. Para o transistor bipolar NPN de modelo BC337, a tensão de ruptura não é tão alta, e portanto utilizaremos este componente para explorar o efeito de corrente reversa. Desse modo, o transistor presente no *kit* experimental será empregado para construção de um oscilador eletrônico, também conhecido em algumas regiões como *pisca-pisca*, que se aproveita de tal ruptura para tensões superiores a 8.5V. O esquema do circuito eletrônico está apresentado na Figura 5.

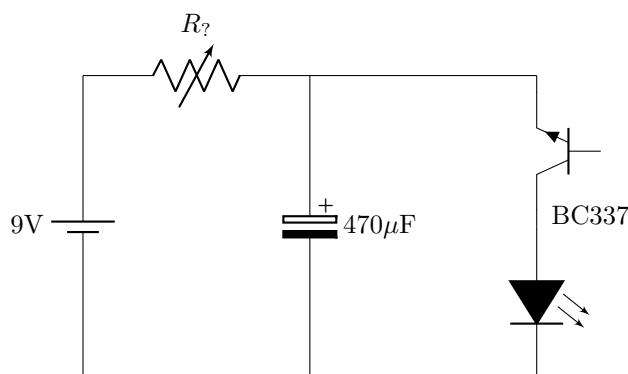


Figura 5: Circuito de um oscilador empregando a tensão de ruptura em um transistor bipolar NPN. Para a prática proposta utilizando o circuito, no lugar do resistor variável assuma a possibilidade de utilizar um potenciômetro ou os resistores disponibilizados.

No circuito indicado, se adequadamente montado, o LED deve permanecer apagado enquanto o capacitor se carrega. Ao atingir a tensão de ruptura entre o coletor e emissor, o transistor deve atuar como uma chave fechada, disparando o acendimento do LED e levando à descarga do capacitor. Com o retorno dos valores de tensão abaixo do valor de ruptura a corrente elétrica é interrompida e o LED se apaga, reiniciando o processo. É importante enfatizar que no circuito eletrônico proposto na Figura 5 o terminal da base permanece desconectado, aberto. Também é importante notar que o esse tipo circuito eletrônico está restrito a uma faixa de valores de capacitância e resistência para o pleno funcionamento das oscilações.

Para os problemas seguintes considere o circuito mostrado na Figura 5. Para esse esquema é oportuno recordar que o capacitor eletrolítico tem uma polarização definida e pode sofrer avarias se conectado de maneira invertida. Também, é possível associar um resistor em série com o potenciômetro afim de evitar danos óbvios. As medidas sem o uso de um resistor associado ao potenciômetro é possível mas exige cuidados. Caso você tenha queimado seu potenciômetro, é possível seguir a prática fazendo uso dos resistores de 1/4W disponíveis no kit, com resultados finais similares.

- |            |   |       |
|------------|---|-------|
| <b>A.1</b> | Utilizando o cronômetro e o esquema do circuito apresentado da Figura 5, complete a Tabela 3 anotando os valores de resistência ajustados no potenciômetro ou utilizando os resistores disponibilizados (com seu código de cores ocultados ou não) na coluna indicada para $R_7$ . Os valores característicos da resistência para que o LED comece a piscar devem estar entre $1k\Omega$ e $6k\Omega$ . Ao final, transcreva a tabela obtida para o caderno de respostas. | 2,0pt |
|------------|---|-------|

Medida	Valor da resistência $R_7$ ( $\Omega$ )	Tempo médio de uma piscada (s)
1		
2		
3		
4		

Tabela 3: Tabela para medidas envolvendo o oscilador eletrônico com o transistor NPN BC337 apresentado na Figura 5.

**A.2** Obtenha os coeficientes  $a$  e  $b$  e suas incertezas para o ajuste da equação: 3,0pt

$$t = aRC + b \quad (1)$$

onde  $R$  é o valor da resistência ajustada no potenciômetro em Ohms,  $C$  a capacitância do capacitor em Farads e  $t$  o tempo medido em segundos.

Descreva o método utilizado e apresente os cálculos no caderno de respostas.

*Dica: Se necessário utilize as expressões do Anexo II.*

**A.3** Estime o fator de queda de tensão no capacitor em cada ciclo,  $V_{min}/V_{max}$ , apresentando os cálculos. Não é necessário fornecer um valor para a incerteza da estimativa. 3,0pt



### Q3 - O transistor bipolar de junção (20 pontos) <sup>5</sup>

#### Parte A - Transistor bipolar como amplificador de sinais (13 pontos)

A avalanche eletrônica em um transistor quase nunca é um efeito desejado, uma vez que existem elementos mais adequados para tal funcionalidade como o diodo Zener previamente comentado. Os usos mais adequados para transistores na eletrônica são: gerar sinais, amplificar sinais ou atuar como chave eletrônica. Com tais possibilidades de utilização, é possível desenvolver uma grande variedade de circuitos eletrônicos para as mais diversas finalidades.

Nesta seção será avaliado o emprego de um transistor bipolar de junção como amplificador, seguido pelo desenvolvimento na próxima parte de um instrumento de medida eletrônico para uma aplicação real.

Os transistores possuem um parâmetro específico conhecido como fator de ganho de corrente ou fator de ganho de amplificação, comumente representado pela letra grega  $\beta$ . Os transistores bipolares são compostos por três terminais denominados coletor, base e emissor, conforme apresentado na Figura 4.

Na função de amplificador de sinal, um transistor opera alimentando a corrente de base (pelo terminal de base do transistor), que é amplificada pelo fator  $\beta$  de modo que:

$$I_C = \beta \times I_B \quad (1)$$

onde  $I_C$  é a corrente do coletor e  $I_B$  é a corrente da base.

Cada transistor possui seu próprio e único fator de ganho de corrente, sendo este um valor constante. A variação de tensões acima da tensão de ruptura, conforme visto na seção anterior ou variações na temperatura no transistor (aquecimento devido ao seu funcionamento) podem alterar esse valor. Assim, para evitar efeitos indesejáveis foi adicionado um resistor de controle no terminal do emissor, conforme pode ser visto no esquema da Figura 6. Em projetos mais complexos, como de um aparelho de som ou amplificador de guitarra, esse resistor é desnecessário devido à carga dos demais componentes no local desse resistor de controle. Ainda, dissipadores e sistemas de ventilação são comuns em vários casos para controlar tais efeitos gerados pelo aquecimento. Aqui, foi realizado um esforço para a construção de um circuito composto pelo menor número de elementos eletrônicos possível, de modo a não dificultar a montagem do mesmo. Porém, é muito oportuno a inserção de um LED para pronta conferência visual do funcionamento do circuito, o que deve facilitar a constatação da adequada montagem para quem se depara com esse tipo de sistema pela primeira vez.

Nesta seção será empregado o potenciômetro ou resistores fornecidos no *kit* experimental no lugar indicado por  $R_7$  no esquema apresentado na Figura 6, cabendo ao participante localizar o resistor de valor nominal  $470\Omega$  de controle de temperatura. O procedimento se inicia pela construção na matriz de contatos do circuito apresentado na Figura 6.

O uso do potenciômetro é muito oportuno pois permite o uso de valores de resistência mais convenientes para o detalhamento dos ajustes em regiões específicas. Novamente, utilizar um resistor em série com o potenciômetro pode ser oportuno. Caso você tenha queimado seu potenciômetro, é possível seguir com a prática fazendo uso dos resistores de  $1/4W$  disponíveis no *kit* experimental com efeito similar.

Além das correntes definidas anteriormente, são parâmetros relevantes para a descrição do estado do transistor: a tensão coletor-emissor,  $V_{CE}$ , e a tensão base-emissor  $V_{BE}$ . A conservação de carga elétrica garante que a corrente de entrada no transistor,  $I_B + I_C$ , é igual corrente que sai do transistor,  $I_E$ . Valores típicos de  $\beta$  costumam ser tais que  $I_C \gg I_B$ . Se necessário, utilize a aproximação  $I_C \approx I_E$ .

<b>A.1</b>	Varie o valor da resistência $R_7$ e meça: $I_C$ , $I_B$ , $V_{CE}$ e $V_{BE}$ . Apresente uma tabela com os valores adotados para $R_7$ e os respectivos valores medidos em cada situação. <b>Dica:</b> Você pode controlar o valor de $R_7$ com diferentes resistores, suas respectivas associações ou com o potenciômetro.	4,0pt
------------	--	-------

<b>A.2</b>	Determine o valor do fator de ganho de amplificação ( $\beta$ ). Detalhe o método utilizado no caderno de respostas. A expressão da incerteza do resultado não é necessária.	2,0pt
------------	--	-------

<sup>5</sup>Autoria de Prof. Dr. Leandro Cristante de Oliveira (UNESP – IBILCE) e Matheus Farias (Ph.D. em Harvard '26)

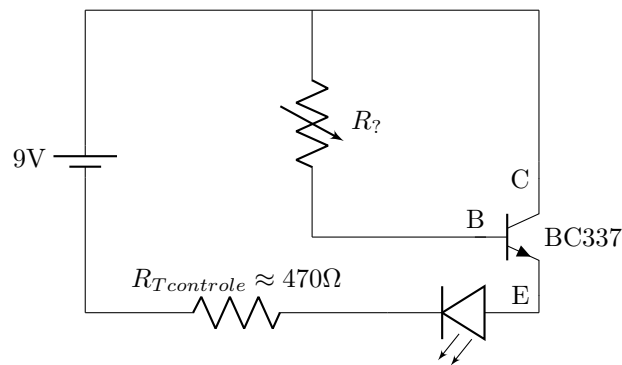


Figura 6: Circuito para avaliação do fator de ganho de amplificação ( $\beta$ ) do transistor NPN BC337. Para a prática proposta utilizando o circuito, no lugar do resistor variável assuma a possibilidade de utilizar um potenciômetro ou os resistores disponibilizados.

<b>A.3</b>	Faça um gráfico em papel milimetrado utilizando $I_C$ no eixo das abcissas, $V_{CE}$ em um eixo das ordenadas à esquerda e $V_{BE}$ em um eixo das ordenadas à direita. (Obs: 2 eixos de ordenadas no mesmo gráfico e um eixo de abcissas).	3,0pt
<b>A.4</b>	Refaça o gráfico de $I_C$ vs $V_{BE}$ em papel monolog.	2,0pt
<b>A.5</b>	Refaça o gráfico de $I_C$ vs $V_{BE}$ em papel dilog.	2,0pt

### Parte B - Condutividade elétrica de soluções (7 pontos)

A pureza da água é entendida como a ausência de elementos químicos, como moléculas orgânicas, sais minerais ou outros constituintes. A condutividade elétrica da água pode ser empregada como um dos parâmetros indicadores de sua pureza, assim seu valor é facilmente encontrado em garrafas de água mineral. A água destilada é caracterizada por uma baixa condutividade elétrica. Porém, essa medida não pode ser obtida diretamente com um simples multímetro, como o que esta presente no *kit* experimental.

Assim, o circuito amplificador de sinal da Figura 6 deve ser adaptado para assumir tal funcionalidade: construir um estimador de condutividade (espécie de condutivímetro). O procedimento consiste em substituir o potenciômetro  $R_\gamma$  por dois fios separados por uma distância de 1cm utilizando o espaçador conforme sugerido na Figura 7.

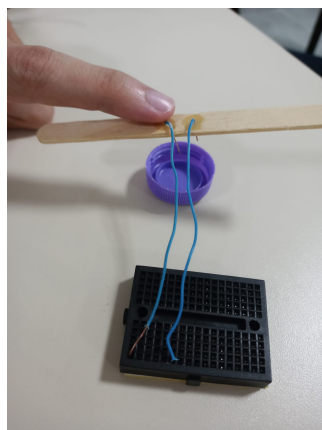


Figura 7: Sugestão de uso do espaçador (circuito eletrônico omitido). A tampinha deve ser preenchida completamente com a solução que se deseja analisar.

Para a medida, você deverá fazer uso da água mineral fornecida juntamente com o *kit* experimental (*esperamos*

que você não tenha bebido a água ainda! Mas não se preocupe, agora você já pode tomar um “golinho” antes das adições de sal e açúcar como será detalhado em breve. O “golinho” é para que o açúcar e o sal possam ser adicionados com tranquilidade na garrafa e sem transbordamentos). Nessa etapa será realizada uma análise comparativa envolvendo soluções que serão preparadas por você. Utilize a tampinha da garrafa para colocar uma pequena quantidade de água, que é onde a medida será realizada. Também, por fins de facilitar o procedimento, foi disponibilizado um espaçador no kit experimental, que é basicamente um palito com 2 pequenos furos separados por 1cm onde é possível passar os dois fios e realizar a submersão e imersão dos contatos na solução contida na tampinha da garrafa para a medida.

A condutividade elétrica da água é popularmente expressa em  $\mu S/cm$  (microsiemens por centímetro). Como o próprio nome sugere, é um parâmetro que avalia a passagem de corrente elétrica em termos da facilidade da migração de elétrons. Sua unidade de medida no Sistema Internacional é o *Siemens* por metro ( $S/m$ ) que corresponde ao inverso da resistência elétrica por metro ( $\Omega^{-1}m^{-1}$ ).

<b>B.1</b>	Fazendo uso do condutivímetro construído, calcule a corrente elétrica média conduzida entre os terminais inseridos nos furos do espaçador e espaçados por 1cm para a água mineral fornecida. Calcule ainda a imprecisão experimental da medida. No caderno de resposta, indique os dados obtidos e o tratamento estatístico na forma de cálculos.	2,0pt
------------	---	-------

Retorne a solução da tampinha para dentro da garrafa e então dilua um sachê de açúcar (fornecido no kit experimental) na garrafa de água. Agite a garrafa até que o açúcar esteja totalmente dissolvido e refaça a medida conforme procedimento realizado previamente.

<b>B.2</b>	Apresente o valor da corrente elétrica através da água com açúcar e forneça a incerteza associada.	1,5pt
------------	--	-------

Retorne a solução da tampinha para dentro da garrafa por mais uma vez e então dilua um sachê de sal fornecido na garrafa de água. Agite a garrafa até que o sal esteja totalmente dissolvido.

<b>B.3</b>	Apresente o valor da corrente elétrica através da água+açúcar+sal e forneça a incerteza associada.	1,5pt
------------	--	-------

<b>B.4</b>	O equipamento apresentado é válido para aferir a pureza da água em ambas as situações? Justifique a sua resposta.	2,0pt
------------	---	-------

## 0.1 Anexo I

## DT 830D

### Manual de Instruções:

Os multímetros da série 83 são compactos para medição de voltagens DC e AC, Corrente DC, Resistência e Diodo.

São instrumentos ideais para uso em campo tais como: laboratório, aparelhos domésticos e etc.

### PAINEL FRONTAL:

#### 1. Funções e Botão de Seleção

O botão é usado para selecionar a função desejada, bem como ligar e desligar o equipamento.

Para maior durabilidade da bateria, recomenda-se deixar na posição "OFF", quando o instrumento não estiver sendo usado.

#### 2. Visor LCD ( OU DISPLAY DIGITAL)

3 ½ dígitos – 3 inteiros e uma casa decimal, 7 segmentos, LCD 0.5"

#### 3. Entrada "Common"

Coloque a ponta de teste preta (negativo).

#### 4. Entrada "V,Ω,mA"

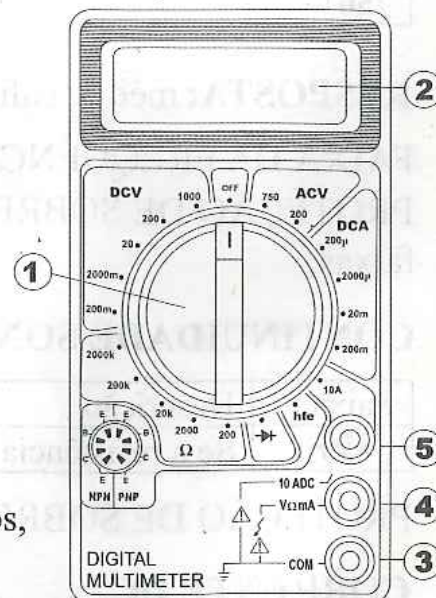
Coloque a ponta de teste vermelha positivo), para todas as voltagens, resistências e correntes (exceto para medidas 10A).

#### 5. Entrada "10A"

Coloque a ponta de teste vermelha (positivo) para medidas 10A.

### ESPECIFICAÇÕES:

Precisão é garantida, 23°C ±, menos do que 80% umidade relativa.



### VOLTAGEM DC

Faixa	Resolução	Precisão
200mV	100µV	±0.5% of rdg + 3D)
2000mV	1mV	±(0.8% of rdg + 2D)
20V	10mV	
200V	100mV	±(1.0% of rdg + 2D)
1000V	1V	

**Proteção de sobrecarga: faixa de 220V rms ou AC 200 mV e 1000V DC ou 750V para todos as faixas.**

### VOLTAGE AC

Faixa	Resolução	Precisão
200V	100mV	± (1.2)% de rdg + 10D)
750V		

**RESPOSTA:** média, calibrado em rms onda de seno.

**FAIXA DA FREQUÊNCIA:** 45Hz ~450Hz

**PROTEÇÃO DE SOBRECARGA:** 1000V DC OU 750 V rms para todas as faixas.

### CONTINUIDADE SONORA:

Faixa	Descrição
→+	Se a resistência for menor que $30 \pm 20\%$ o visor irá oscilar

**PROTEÇÃO DE SOBRECARGA:** máximo 15 segundos 220V rms.

### CORRENTE DC

Faixa	Resolução	Precisão
200 $\mu$ A	100 $\mu$ A	±1.8% of rdg + 2D)
2000 $\mu$ A	1 $\mu$ A	
20mA	10 $\mu$ A	
200mA	100 $\mu$ A	±(2.0% of rdg + 2D)
10A	10mA	±(2.0% of rdg + 10D)

**PROTEÇÃO DE SOBRECARGA:** Fusível de 500mA 250V. (na faixa de 10A sem fusível)

**MEDINDO QUEDA DE VOLTAGEM:** 200mV

### RESISTÊNCIA

Faixa	Resolução	Precisão
200 $\Omega$	100m $\Omega$	±1.0% leitura + 10D)
2000 $\Omega$	1 $\Omega$	
20K $\Omega$	10 $\Omega$	±(1.0% leitura + 4D)
200K $\Omega$	100 $\Omega$	
2000K $\Omega$	1K $\Omega$	

**MÁXIMA VOLTAGEM DO CIRCUITO ABERTO:** 3.2V

**PROTEÇÃO DE SOBRE-CARGA:** 15 segundos máximo 220 Vrms.

## **INSTRUÇÕES DE OPERAÇÃO**

### **AVISO**

Para evitar risco de choque elétrico ou danos ao instrumento, não meça voltagens que possam exceder 500V acima do terra.

Antes de utilizar o instrumento, inspecione as pontas de teste e as entradas.

### **MEDIÇÃO DE VOLTAGEM DC & AC**

1. Conecte a ponta de teste vermelha na entrada “V,Ω,m,A” e a ponta de teste preta na entrada “COM”.
2. Coloque o botão selecionador na posição da voltagem desejada, se a voltagem a ser medida não é conhecida, selecione a faixa maior e reduza até uma leitura satisfatória seja obtida.
3. Conecte as pontas de teste no aparelho ou circuito a ser medido.
4. Ligue o aparelho ou circuito a ser medido, a voltagem aparecerá no Display Digital, juntamente com a polaridade.


### **MEDIÇÃO DE CORRENTE DC**

1. Ponta de teste vermelha coloque em “V,Ω,mA” e a ponta de teste preta coloque em “COM” (para medição entre 200mA e 10 A conecte a ponta de teste vermelha a entrada “10A” até o fundo.
2. Coloque o botão seletor na posição DCA desejada.
3. Abra o circuito a ser medido e conecte as pontas de teste em série com a carga na corrente a ser medida.
4. Leia o valor da corrente no Display Digital.
5. Adicionalmente a função “10A” é somente para uso intermitente. Máximo tempo de contato das pontas de teste com o circuito é de 15 segundos, com um intervalo mínimo de tempo de segundos entre os testes.

### **MEDIÇÃO DE RESISTÊNCIA**

1. Ponta de teste vermelha em “V,Ω,m,A”. Ponta de teste preta em “COM”.
2. Selecione a posição OHM desejada.
3. Se a resistência a ser medida está conectada a um circuito, desligue e descarregue todos os capacitores antes da medição.
4. Conecte as pontas de teste ao circuito a ser medido.
5. Leia o valor da resistência no Display Digital.

### **MEDIÇÃO DO DIODO**

1. Ponta de teste vermelha em “V,Ω,m,A”. Ponta de teste preta em “COM”.
2. Coloque o botão selecionador na posição 

3. Conecte a ponta de teste vermelha ao anodo de diodo a ser medido e a ponta preta de teste ao catodo.
4. A voltagem enviada cai em mV será mostrada no display. Se o diodo é inverso figura "1". Será mostrada.

### **MEDIÇÃO DO TRANSISTOR hFE**

1. Coloque a botão seletor na posição hFE.
2. Determine se o transistor é do tipo PNP de NPN e determinado o Emitter, e coletor de pontas. Coloque as pontas dentro dos soquetes de HFE no painel frontal.
3. O aparelho irá mostrar o valor hFE
4. Aproximado na corrente básica  $10\mu\text{A}$  e  $V_{ce}2.8\text{V}$ .

### **TESTE DE CONTINUIDADE AUDÍVEL (caso o modelo tenha esta função)**

1. Ponta de teste vermelha em "V, $\Omega$ ,m,A", a ponta de teste preta em "COM".
2. O botão selecionador na posição  $\bullet\))\))$
3. Conecte as pontas de teste aos dois pontos de teste a ser testado.

### **TESTE DE SINAL**

Coloque o botão selecionador na posição  $\square\square\square$ . O teste de sinal (50Hz) aparece entre a entrada "V, $\Omega$ ,m,A" e "COM".

### **TROCA DE BATERIA E FUSÍVEL**

O fusível raramente precisa ser trocado.

Se  $\boxed{+ -}$  aparecer no display, indica que a bateria deve ser trocada.

Para trocar a bateria & fusível (500mA250V).

### **CUIDADO**

Antes de abrir o instrumento, tenha certeza que as pontas de teste estão desconectadas.



## 0.2 Anexo II

Caso queira ou precise, o Método dos Mínimos Quadrados (MMQ) é um processo de encontrar os valores de  $a$  e  $b$  de modo a minimizar a função:

$$f(a, b) = \sum_{i=1}^N (y_i - ax_i - b)^2$$

Assim, é possível definir os estimadores:

$$a = \frac{\sum_i^N (x_i - \bar{x})y_i}{\sum_i^N (x_i - \bar{x})^2} \quad (\text{coeficiente angular})$$

$$b = \bar{y} - a\bar{x} \quad (\text{coeficiente linear})$$

$$\sigma^2 = \frac{\sum_i^N (y_i - ax_i - b)^2}{N - 2} \quad (\text{variância dos } y_i)$$

$$\Delta a = \frac{\sigma}{\sqrt{\sum_i^N (x_i - \bar{x})^2}} \quad (\text{Erro padrão do estimador da inclinação})$$

$$\Delta b = \sigma \sqrt{\frac{1}{N} + \frac{\bar{x}^2}{\sum_i^N (x_i - \bar{x})^2}} \quad (\text{Erro padrão do estimador linear})$$

Boa prova! :)