

AULA 09

Lembremos de nosso objetivo: medir o tempo de queda de uma esfera para determinar a aceleração da gravidade. Para isso, vamos usar um eletroímã para segurar uma esfera de aço; esta esfera é então liberada e atinge um botão.

Até agora, montamos o eletroímã e aprendemos um pouco sobre o uso do Arduino, aprendendo um pouco sobre portas analógicas e digitais, entrada e saída e programação em C. Mas, como bem podemos lembrar, a corrente elétrica fornecida por uma bateria 9 V é pequena, sendo insuficiente para manter o eletroímã funcionando satisfatoriamente e por tempo prolongado.

Para resolver isso, foram compradas fontes de 9 V capazes de fornecer até 2 A, porém ela possui uma proteção de forma que ela se desliga automaticamente caso a corrente fornecida passe de 2 A. Temos então que controlar essa corrente.

Para fazer um sistema capaz de controlar a corrente elétrica, faremos uso do transistor, onde tivemos um breve contato na aula 05. Voltamos a esse assunto então. Mas vamos focar no transistor que temos em mãos.

O TRANSISTOR

Voltamos à aula 05, aquela que usamos um transistor e que voltaremos a usar, provavelmente, na próxima aula: lá, nós vimos que o Arduino é incapaz de produzir sinais analógicos, mas ele é capaz de emular isso.

Vamos entender a base do que chamamos de transistor. Como qualquer outro componente que utilizaremos neste laboratório, o que precisamos entender é como ele se comporta no nosso circuito e o que podemos fazer com ele, portanto, não estaremos interessados em entender mais a fundo como ele funciona.

Observe a Figura 1, na qual apresentamos um esquema do transistor que você recebeu, o seu símbolo e o nome dos seus pinos.

Sempre que você tiver que trabalhar com algum transistor, a primeira coisa que você deve pensar é "datasheet do transistor". Por isso, na Figura 2 você tem o QR-code para baixar o datasheet do transistor que você tem em mãos.

Por hora, a única coisa que te interessa é saber se temos um transistor NPN ou PNP. Nós trabalharemos com o primeiro, por enquanto.

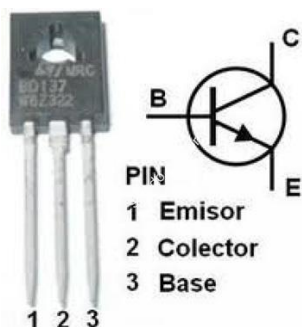
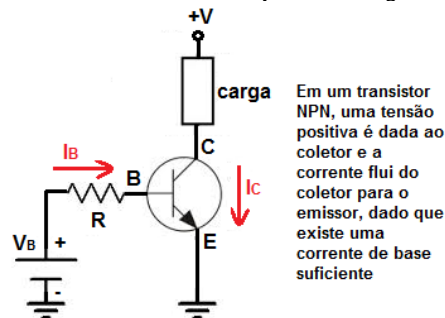


Figura 1: Transistor que utilizaremos no laboratório do lado esquerdo e o seu símbolo do lado direito.



Figura 2: Datasheet do transistor BD 137, utilizado em sala de aula. Clique na imagem para acessar o arquivo, caso esteja vendo no celular.

O transistor NPN faz referência à tensão, respectivamente, no Coletor, Base e Emissor (NPN – Negativo, Positivo, Negativo). Neste caso, quando você ligar uma tensão **Positiva** na Base, o Coletor se conectará ao Emissor. Veja isso na Figura 3.

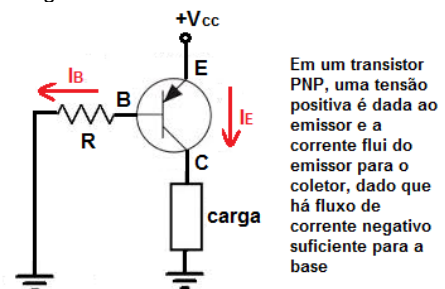


Em um transistor NPN, uma tensão positiva é dada ao coletor e a corrente flui do coletor para o emissor, dado que existe uma corrente de base suficiente

Figura 3: Circuito utilizado para o acionamento de um transistor tipo NPN. Fonte:

<http://www.learningaboutelectronics.com/Artigos/Diferenca-entre-transistores-NPN-e-PNP.php>

O transistor PNP faz referência à tensão, respectivamente, no Coletor, Base e Emissor, assim como o caso anterior (PNP – Negativo, Positivo e Negativo). Neste caso, quando você ligar uma tensão **Negativa** na Base, o Coletor se conectará ao Emissor. Veja isso na Figura 4.



Em um transistor PNP, uma tensão positiva é dada ao emissor e a corrente flui do emissor para o coletor, dado que há fluxo de corrente negativo suficiente para a base

Figura 4: Circuito utilizado para o acionamento de um transistor tipo PNP. Fonte:

<http://www.learningaboutelectronics.com/Artigos/Diferenca-entre-transistores-NPN-e-PNP.php>

Qual seria a aplicação dos transistores? Basicamente, podemos imaginá-lo como um amplificador, pois, consultando o datasheet do transistor que você recebeu, podemos ver a Figura 5.

Em especial, veja a quarta linha que contém o h_{FE} . Este é o chamado ganho efetivo do transistor que representar quantas vezes a corrente do coletor é maior que a corrente na base.

$$h_{FE} = \frac{i_C}{i_B} \quad \text{Equação 1}$$

em que i_C é a corrente que passa pelo coletor e i_B é a corrente que circula na base.

O transistor que estamos estudando permite um h_{FE} máximo de 250. Como exemplo, o Arduino pode fornecer no máximo 40 mA, ou 0,040 A, o suficiente para acender um LED, mas não para acionar um motor. Utilizando a Equação 1, vemos o limite da corrente que, agora, podemos acionar com o transistor:

$$h_{FE} = \frac{i_C}{i_B} \Rightarrow 250 = \frac{i_C}{0,040} \Rightarrow i_C = 10 \text{ A.}$$

Esta corrente é mais que suficiente para acionar qualquer elemento que iremos utilizar nesta disciplina. Já se você precisar de trabalhar com corrente maior e com tensão maior, é possível utilizar de outros componentes, como relé (módulo presente no seu kit).

De fato, vamos usar uma corrente certamente menor que 2 A, valor máximo que o nosso transistor por fornecer.

ELECTRICAL CHARACTERISTICS (T_C = 25°C unless otherwise noted)

| Characteristic | Symbol | Type | Min | Max | Unit |
|---|------------------------|----------------------------|----------------|---------------|------|
| Collector-Emitter Sustaining Voltage* (I _C = 0.03 Adc, I _B = 0) | V _{CE(sat)} * | | | | Vdc |
| | | BD 135 BD 137 BD 139 | 45 60 80 | — — — | |
| Collector Cutoff Current (V _{CE} = 30 Vdc, I _B = 0) (V _{CE} = 30 Vdc, I _B = 0, T _C = 125°C) | I _{CBO} | | — | 0.1 10 | µAdc |
| Emitter Cutoff Current (V _{BE} = 5.0 Vdc, I _C = 0) | I _{EBO} | | — | 10 | µAdc |
| DC Current Gain (I _C = 0.005 A, V _{CE} = 2 V) (I _C = 0.15 A, V _{CE} = 2 V) (I _C = 0.5 A, V _{CE} = 2 V) | h _{FE} * | | 25 40 25 | — 250 — | — |
| Collector-Emitter Saturation Voltage* (I _C = 0.5 Adc, I _B = 0.05 Adc) | V _{CE(sat)} * | | — | 0.5 | Vdc |
| Base-Emitter On Voltage* (I _C = 0.5 Adc, V _{CE} = 2.0 Vdc) | V _{BE(on)} * | | — | 1 | Vdc |

* Pulse Test: Pulse Width ≤ 300 µs, Duty Cycle ≤ 2.0%.

Figura 5: Analise atentamente esta tabela. Preste especial atenção na quarta linha, onde é apresentado o h_{FE} .

O primeiro circuito que montaremos é um circuito capaz de fornecer uma corrente que é controlada pelo Arduino, assim temos que tomar muito, mas muito cuidado com o circuito, pois podemos queimar o Arduino ou até mesmo o computador.

ATENÇÃO!!!

Muita atenção: quando você for trabalhar com o circuito de hoje, você terá duas fontes. Sempre que for ligar o Amperímetro, DESLIGUE O ARDUINO DO COMPUTADOR e ligue uma das fontes para alimentar o Arduino. Isso te permite proteger o computador e evitar qualquer possibilidade de queimar a placa mãe do computador.

CIRCUITO I

Tomando então o multímetro, o transistor, o Arduino e duas fontes, você vai montar o circuito abaixo.

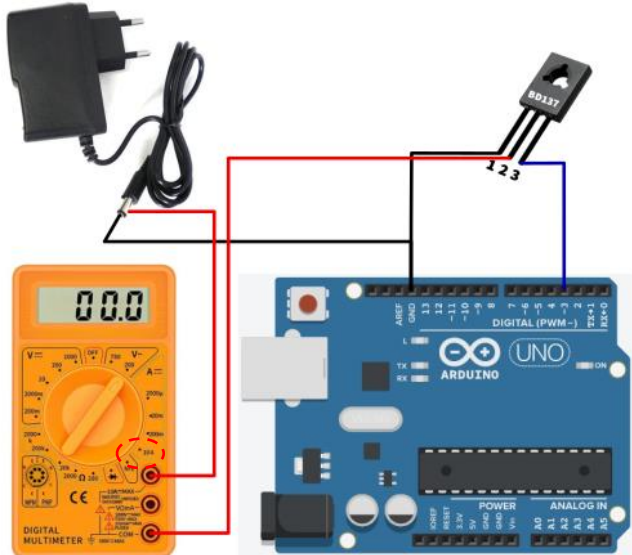


Figura 6: Circuito mostrando como controlaremos a corrente fornecida pela fonte.

Você deverá montar o circuito acima mantendo a fonte DESLIGADA.

Conecte o Arduino no PC e envie o sketch a seguir (coluna ao lado).

Depois, DESLIGUE O PC do Arduino e conecte outra fonte para alimentar o Arduino.

Depois disso, ligue a fonte apresentada na figura acima e verifique a corrente no multiampérmetro.

TOME MUITO CUIDADO COM O CIRCUITO DE HOJE.

SKETCH

```
int base = 3;

void setup() {
}

void loop() {
  analogWrite(base, 100);
}
```

Basicamente, temos que enviar um sinal PWM à porta ligada à base do transistor. Teste o código acima e veja se a corrente é próxima a 1,5 A. Se sim, podemos seguir ao próximo circuito.

CIRCUITO II

Vamos simplesmente trocar o multímetro pelo eletroímã que seu grupo fez lá na nossa primeira aula.

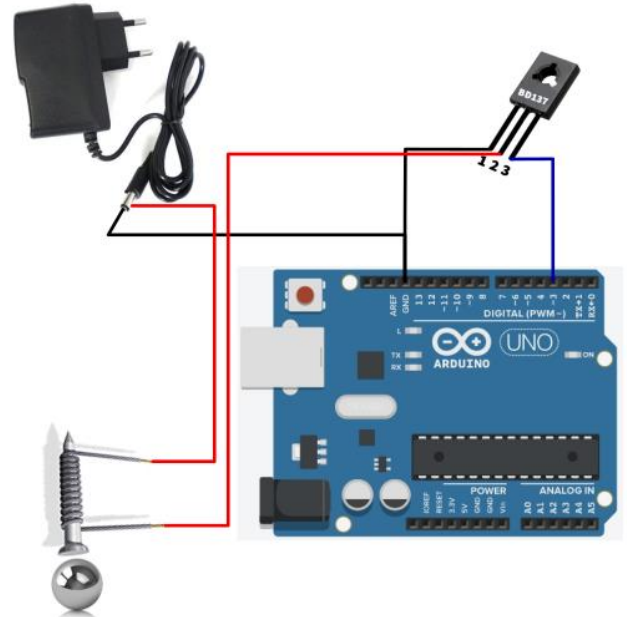


Figura 7: Controlando o eletroímã através do Arduino

ATENÇÃO: tome os mesmos cuidados que anteriormente, caso tenha que mudar seu código para alterar a corrente fornecida seja pequena.

Sugestão: tente alterar seu código para que se use o mínimo de corrente possível.

ATENÇÃO!!!

O TRANSISTOR FICARÁ QUENTE DURANTE ESTA OPERAÇÃO.

NÃO TOQUE NO TRANSISTOR DURANTE OU DEPOIS A SUA OPERAÇÃO, POIS ISSO PODE ACARREAR UMA QUEIMADURA.

O mais adequado é que utilizemos um dissipador de calor, porém vamos utilizar este eletroímã por tempo bastante curto, portanto não será necessário.