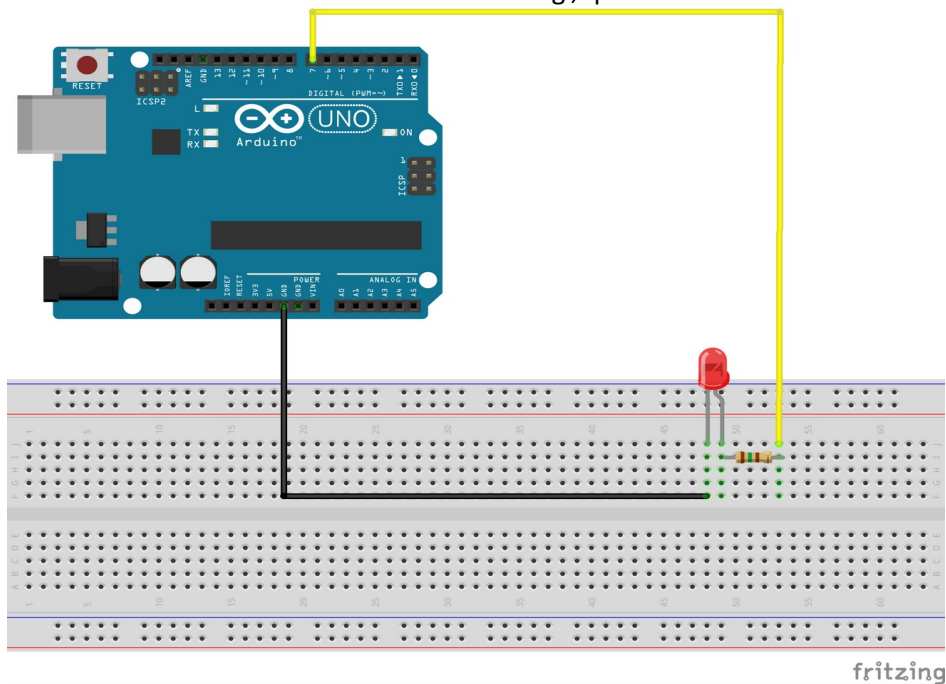


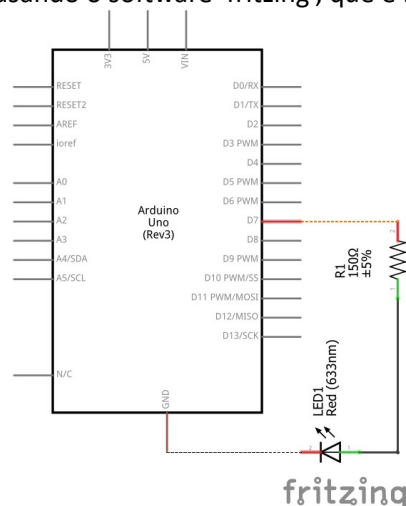
Dando continuidade a série LTSpice, segundo artigo, pensei em algo que muitos fazem, mas, poucos entendem, então, com o LTSpice poderemos esclarecer as coisas. O circuito a seguir é um simples Pisca LED usando um Arduino UNO.

**Figura 1** – Desenho do Protoboard usando o software ‘fritzing’, que é free.



Uma aplicação muito simples que podemos fazer o LED piscar. É o ‘hello World’ do IoT. O ponto que quero destacar é a corrente que fluirá pela porta digital do Arduino. Essa porta permite uma corrente de até 40 (mA), e se calcularmos para o nosso caso teremos:  $I_{\text{PINO7}} = [5 \text{ (V)} - 2,0 \text{ (V)}] / 150 \text{ (\Omega)} = 20 \text{ (mA)}$ . Estimei uma queda de tensão de 2,0 (V) sobre o LED, quando o mesmo estiver conduzindo, então, o restante da tensão ficaria sobre o resistor, portanto, limitando a corrente em aproximadamente 20 (mA).

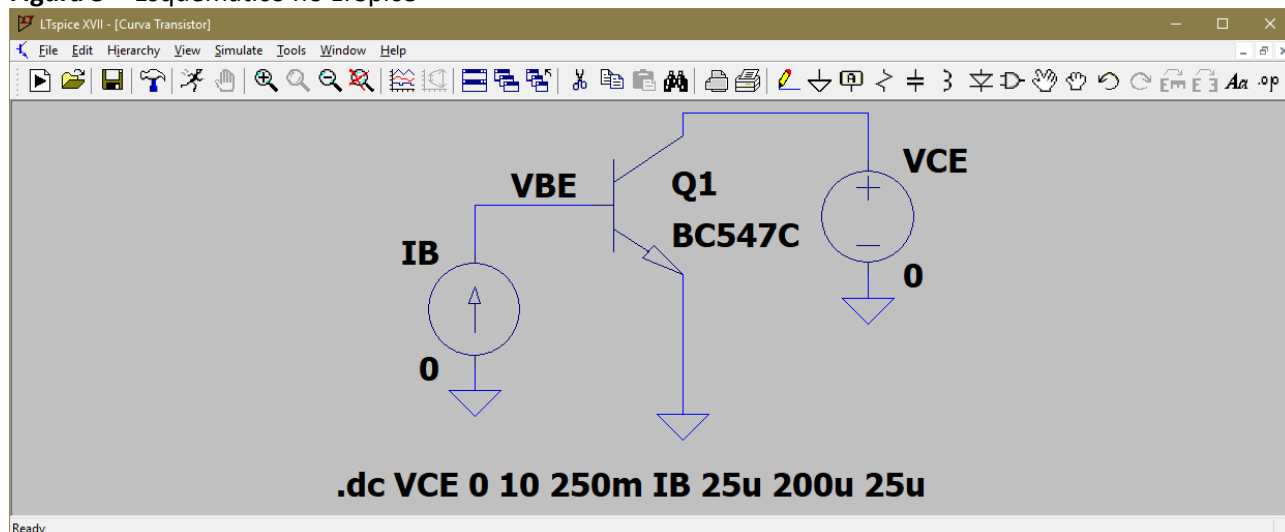
**Figura 2** - Desenho do Esquemático usando o software ‘fritzing’, que é free.



O detalhe é que por mais que a porta de saída do Arduino suporte essa corrente, eu quero que uma corrente bem menor flua por essa porta, quando o LED acender. Para fazer isso vou utilizar um Transistor como Driver de corrente. Esse Transistor deve operar na região de corte e saturação. Quando estiver conduzindo deve se comportar com uma chave fechada, então, uma tensão próximo de zero entre o coletor e emissor ( $V_{\text{CE}}$ ). Quando estiver cortado se comporta como uma chave aberta, então, toda tensão fica entre o coletor e emissor ( $V_{\text{CE}}$ ).

Agora vamos deixar o Arduino um pouco de lado e focar no LTSpice. Com o circuito a seguir vamos extrair uma curva característica do Transistor NPN, o BC547C. Essa curva nos ajudará entender como devemos polarizar o Transistor BC547C como Driver de corrente.

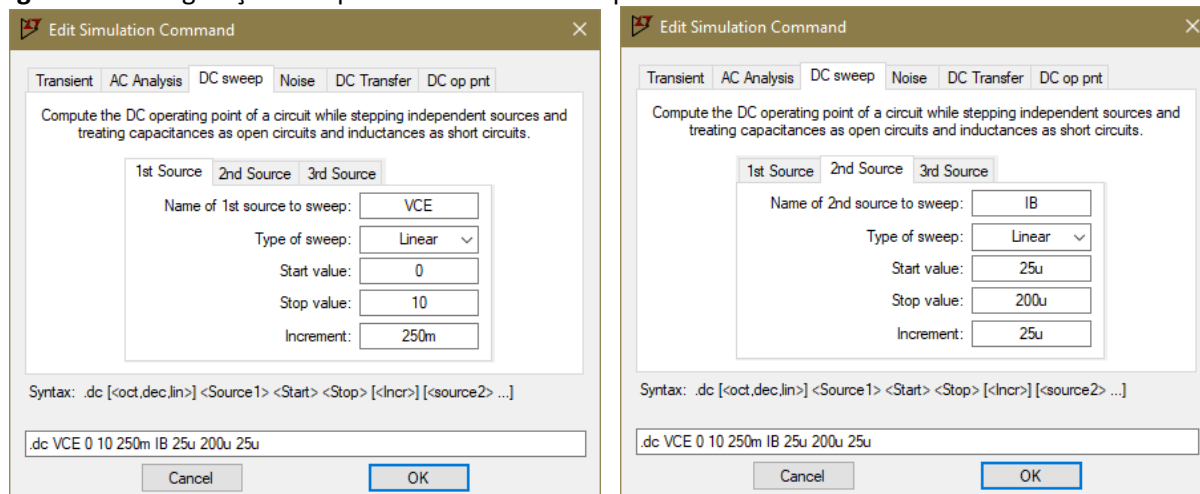
**Figura 3 – Esquemático no LTSpice**



Comentei no primeiro artigo que não ficarei detalhando como criar os esquemáticos no LTSpice. O primeiro artigo dá uma boa noção e aqui vou dar umas dicas. Para inserir a fonte de tensão, com rótulo VCE, clique em 'Component', na barra de ferramentas, e pesquise por 'Voltage'. Para inserir a fonte de corrente, com rótulo IB, clique em 'Component', na barra de ferramentas, e pesquise por 'current'. Para inserir o Transistor, clique em 'Component', na barra de ferramentas, e pesquise por 'npn'.

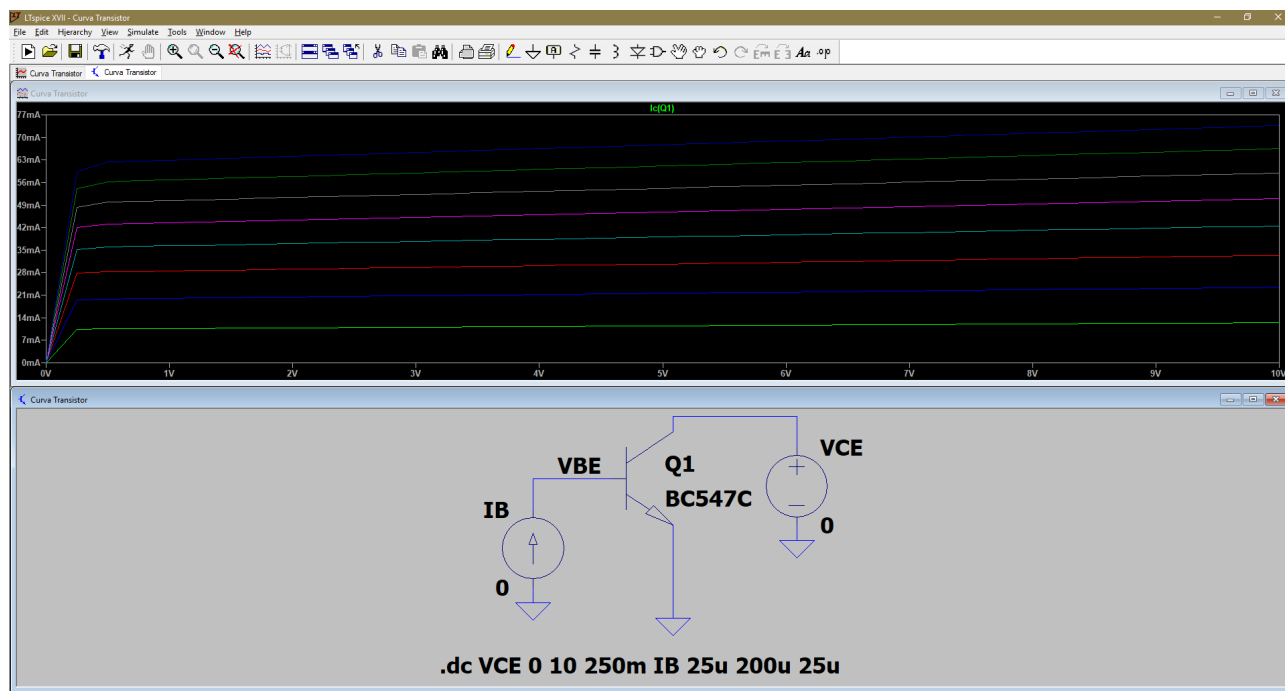
Clique com o botão direito do mouse sobre as fontes e deixe-as zeradas. Para selecionar o Transistor BC547C, clique com o botão direito do mouse sobre o Transistor, e no botão 'Pick New Transistor'. No menu 'Simulate', selecione a opção 'Edit Simulation Cmd', e clique na aba 'DC sweep', que é o tipo de análise que vamos fazer. Configure os parâmetros conforme mostrado a seguir.

**Figura 4 – Configuração do tipo de Análise 'DC sweep'**



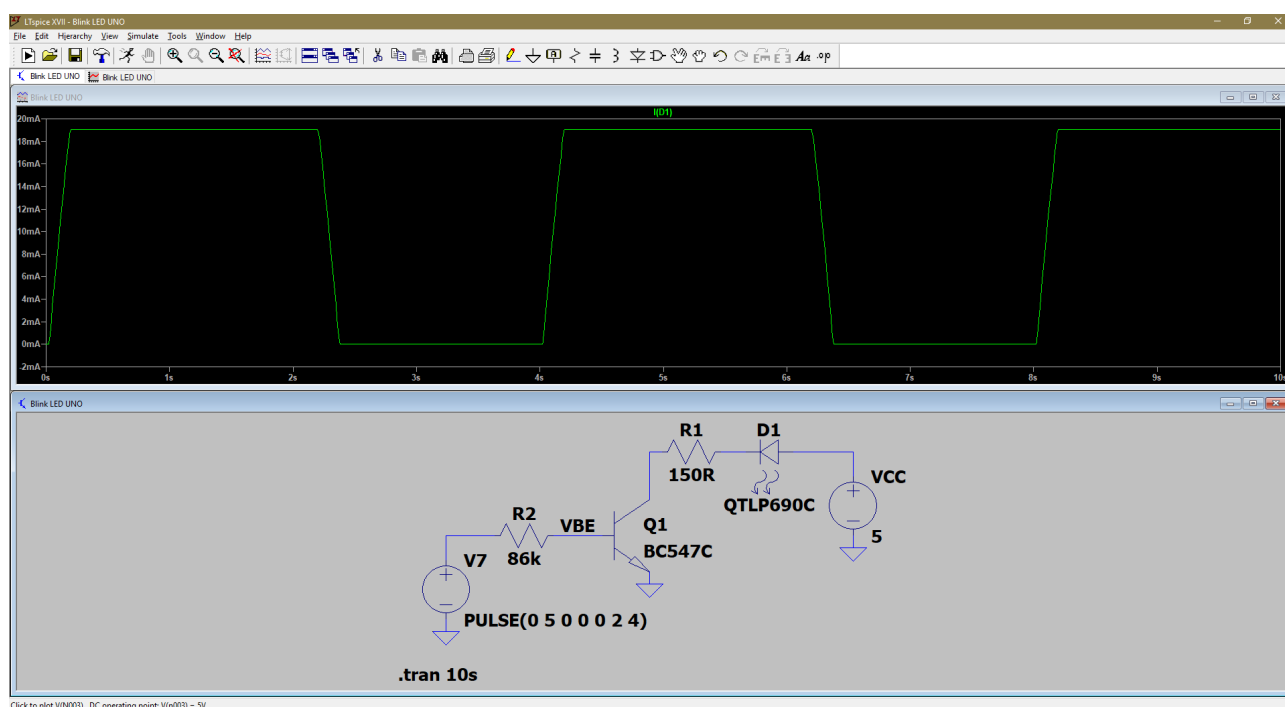
Depois clique no botão 'OK'. Basicamente estamos polarizando o Transistor BC547C com fontes de corrente e tensão que variam para extrairmos as curvas. A fonte de tensão variará de 0 à 10 (V), com passos de 250 (mV). A fonte de corrente variará de 25 (uA) à 200 (uA), com passos de 25 (uA).

Agora vamos simular o circuito. Na barra de ferramentas clique no botão 'Run'. As seguintes janelas serão mostradas. Uma é a janela gráfica e a outra é o esquemático. Selecione a janela do esquemático e aproxime o cursor do mouse do terminal 'Coletor' do Transistor BC547C. O cursor do mouse se torna um alicate amperímetro, então, clique nesse terminal.



Com esse circuito obtemos a curva característica da corrente de Coletor, a tensão entre Coletor e Emissor, pelas correntes de Base, do BC547C. Podemos ver que uma corrente de Base de 50 (uA), teremos uma corrente de Coletor de aproximadamente 20 (mA).

Vamos montar um circuito que simulará essa aplicação no LTSpice. No esquemático a fonte V7 simula a saída digital do Arduino. O resistor R2 limita a corrente de Base em aproximadamente 50 (uA), porque  $I_{BASE} = [5 \text{ (V)} - 0,7 \text{ (V)}] / 86 \text{ (k}\Omega) = 50 \text{ (uA)}$ . A fonte V7 foi configurada para pulsar 2 (s) em nível alto (5 Volts) e 2 (s) em nível baixo (zero Volts).



Click to plot V(N003). DC operating point: V(n003) = 5V

A forma de onda é a corrente no Coletor, que é aproximadamente 19 (mA), devido o LED escolhido. O objetivo era fluir uma corrente baixíssima pela saída digital do Arduino, usando um Driver de corrente, que nesse caso, utilizamos o Transistor BC547C. Quando a saída digital do Arduino vai para nível alto, 5 Volts, a corrente de Base começa a circular fazendo o Transistor conduzir saturando, então, o LED acende. A tensão  $V_{CE}$  fica próximo de zero. Quando a saída digital do Arduino vai para nível baixo, zero Volts, não temos corrente de Base, então, o Transistor não conduz, ficando em corte, portanto, o LED não acende. A tensão  $V_{CE}$  fica 5 (V).

Bem, o objetivo é trabalharmos com o LTSpice, então, vou tentar criar artigos de forma aplicada. Nesse caso tentei esclarecer para quem não tem conhecimento básico de eletrônica como desviamos a corrente de uma saída digital para um Driver de corrente, que é muito comum encontrarmos no mundo IoT.