

Laboratório de Instrumentação Eletrônica Aplicada

João vitor Viana do amaral, 304b.

11 de junho de 2022.

TP02

Objetivos

1. Verificar experimentalmente a lei de Ohm usando curvas características de resistor;
2. Analisar circuitos usando leis de Kirchhoff da voltagem (KVL) e corrente elétrica (KCL);
3. Verificar experimentalmente as leis de Kirchhoff;
4. Compreender aspectos de circuitos eletrônicos como polaridade, pinagem de componentes e indicação de nó de referência ou terra;
5. Simular circuitos eletrônicos básicos utilizando o Multisim;
6. Traçar experimentalmente curvas características de dipolos elétricos e circuitos série envolvendo componentes lineares (resistores) e não-lineares (LED e transistores);

Lista de material

- Notebook

NIELVIS Instruments: DMM, 2-wire, 3-wire.

Matlab

- Módulo NIELVIS II+1 (um) cabo USB
- Caixa com alicate de corte, alicate de bico e cabos jumper de protoboard.
- 1 (um) par de cabos (vermelho+preto) para medições com o instrumento virtual DMM.
- Componentes discretos

Item	Descrição	Valor	Qtde.
1	Resistor de 1/4W	1 k Ω	2
2	Resistor de 1/4W	8.2 k Ω	2
3	Resistor de 1/4W	330 Ω	1
4	LED	vermelho	1
5	LED	azul	1

Recomendações

- A recomendação é que se faça uma foto de você realizando os experimentos ilustrando sua presença no laboratório. Peça a um colega do seu grupo ou bancada que faça uma foto adequada.

foto minha no laboratorio.

- As formas de onda medidas com os instrumentos do NIELVIS II+ podem ser salvas em arquivos texto. Usando um programa Matlab adequado para cada instrumento virtual desenha-se os gráficos para serem inseridos no corpo do relatório.

- No final da prática, certifique-se de:

1. guardar as pontas de prova nas bolsas plásticas,
2. recolher e guardar componentes e ferramentas na caixa de sua bancada,
3. desligar os equipamentos de bancada (osciloscópio, NIELVIS),
4. encerrar sua seção no notebook e fechar a tampa do notebook.
5. guardar os cabos de energia e cabos USB, nos armários ou no suporte de cabos.

1 Parte teórica

1.1 Analisando o comportamento de circuito de um LED em série com um resistor.

Um LED é um componente dipolo semicondutor não linear conforme ilustrado pelas curvas características na Figura 1. O modelo de um LED é aproximado por uma função linear por partes. Basicamente, observamos dois comportamentos bem distintos conforme ilustrado na Figura 2:

- Resistência elevada $R_{aberto} > 10M\Omega$ para $V_{LED\ red} < 1.5V$, i.e. uma chave aberta.
- Resistência pequena $R_{fechado} < 30\ \Omega$ para $V_{LED\ red} < 1.5V$, i.e. uma chave fechada em série com um resistor de $30\ \Omega$.

Conectando um resistor em série com o LED, a característica na região de condução ou chave fechada é "dominada" pela resistência do resistor em série com o LED conforme mostrado na Figura 3. O resistor externo ao LED em série é essencial para limitar a corrente que circula através do LED. Note que LEDs de uso comum tem uma limitação de potência de 100mW e uma corrente máxima de 50mA. LEDs de potência para uso em iluminação são em geral

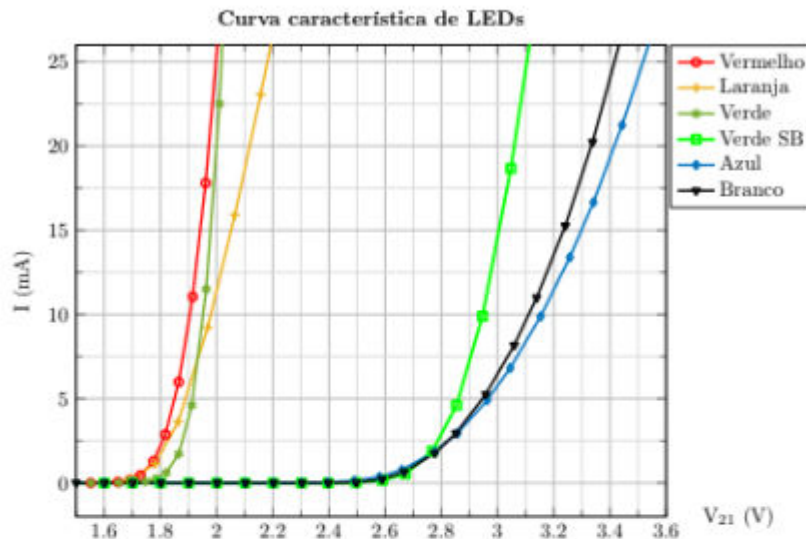


Figura 1: Curvas características de LED de variadas cores.

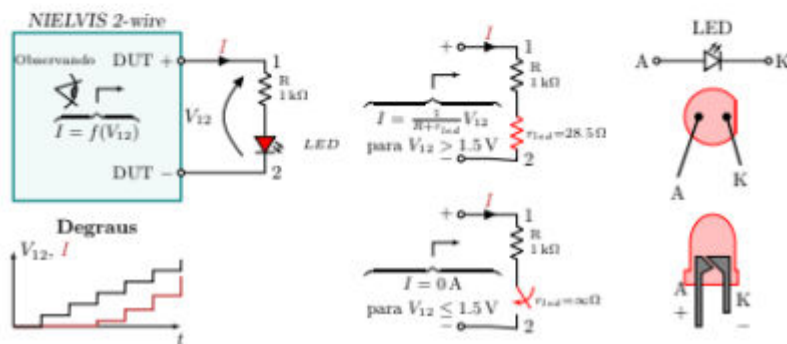


Figura 2: Arranjo experimental para determinação dos parâmetros do modelo estático de um LED em série com um resistor. de 3W ou maior.

ATENÇÃO: a voltagem reversa de LEDs é em torno de 5V, um valor baixo se comparada com diodos, $V_{\text{max reverso}} = 60V$

2 Parte experimental

2.1 Procedimentos

Parte experimental

1. Obtenha curvas características estáticas $V \times I$ para componentes e arranjos de circuito série e paralelo utilizando o instrumento virtual 2-Wire. Ajuste a faixa de voltagem para $V_{\text{max}} = 5V$ e incremento de $V = 0.1V$. Dica: Salve os dados em arquivo texto e utilize o Matlab para traçar as curvas superpostas em gráfico com os eixos identificados e as curvas com espessura de linha igual a 2 :

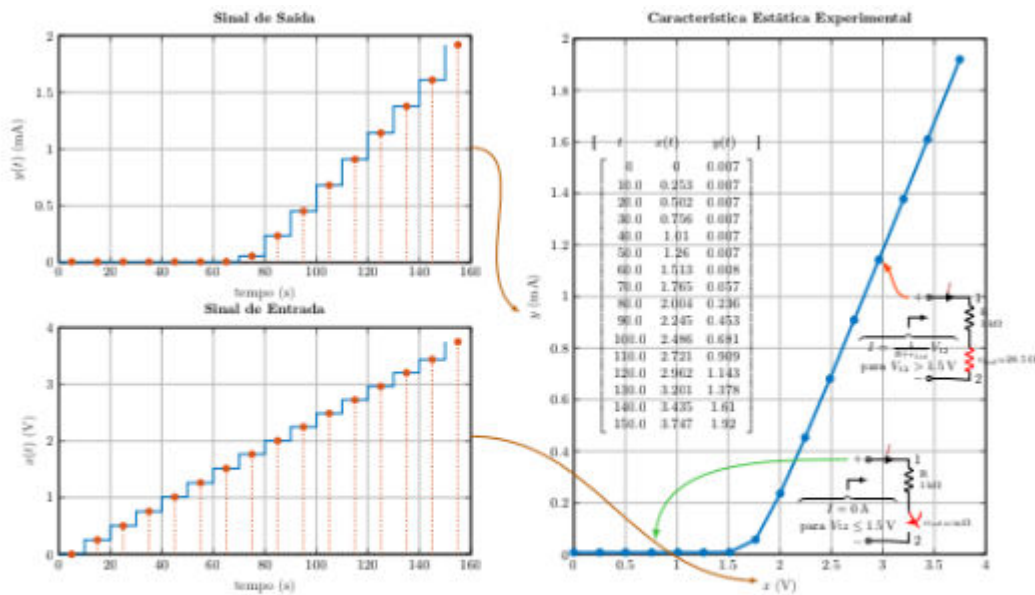


Figura 3: Característica estática.

(a) Resistor: experimente dois valores diferentes de resistência (e.g. 330Ω , $1k\Omega$) e verifique se a inclinação obtida confere com os valores dos resistores.

- Resistor: 330Ω .
- Resistor: $1k\Omega$.

Resposta: Responder aqui inserindo esboço das curvas observadas.

```
%resistor de 330ohms
clear;clc;close all;
z=[0.003    0.021
0.101    0.316
0.197    0.609
0.299    0.916
0.399    1.219
0.490    1.495
0.592    1.802
0.689    2.095
0.790    2.401
0.896    2.722
0.983    2.986
1.081    3.280
1.182    3.586
1.279    3.879
1.381    4.191
1.472    4.466
1.573    4.772
1.668    5.058]
```

```

1.768      5.359
1.868      5.660
1.964      5.952
2.060      6.243
2.161      6.549
2.263      6.857
2.359      7.147
2.461      7.457
2.552      7.734
2.653      8.037
2.749      8.328
2.848      8.630
2.951      8.939
3.047      9.231
3.143      9.522
3.244      9.827
3.339     10.115
3.441     10.422
3.536     10.711
3.632     11.000
3.732     11.301
3.828     11.591
3.928     11.895
4.029     12.200
4.125     12.491
4.220     12.777
4.321     13.082
4.423     13.393
4.522     13.691
4.620     13.987
4.708     14.254
4.816     14.580
4.914     14.877];
v=z(:,1);
i=z(:,2);
figure(1)
subplot(2,1,1)
plot(v,i)
title('resistor de 330 ohms')
xlabel('V_{12} (V)')
ylabel('i(mA)')

%resistor de 1k
z=[0.003      0.015
0.098      0.112
0.199      0.216
0.294      0.313
0.399      0.420
0.499      0.523
0.599      0.626

```

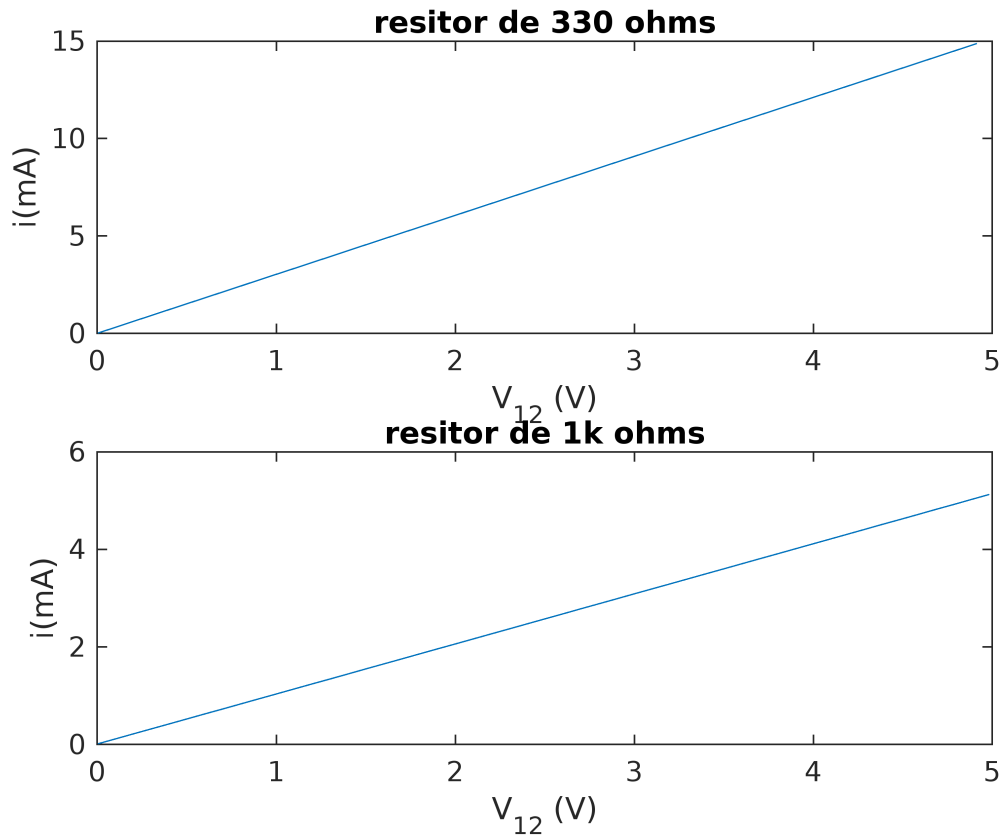
0.700	0.728
0.800	0.831
0.894	0.928
0.994	1.030
1.095	1.134
1.196	1.238
1.297	1.340
1.403	1.449
1.498	1.548
1.599	1.651
1.698	1.752
1.797	1.854
1.895	1.955
1.994	2.055
2.093	2.157
2.194	2.261
2.293	2.362
2.399	2.471
2.499	2.574
2.594	2.671
2.695	2.776
2.795	2.878
2.894	2.979
2.993	3.082
3.092	3.183
3.193	3.286
3.292	3.388
3.393	3.492
3.493	3.594
3.592	3.696
3.686	3.793
3.792	3.901
3.891	4.003
3.991	4.106
4.089	4.206
4.188	4.308
4.288	4.411
4.387	4.514
4.487	4.615
4.592	4.723
4.691	4.826
4.789	4.925
4.885	5.025
4.983	5.126];

```

v=z(:,1);
i=z(:,2);
subplot(2,1,2)
plot(v,i)
title('resistor de 1k ohms')
xlabel('V_{12} (V)')

```

```
ylabel('i (mA)')
```



(b) LED: obtenha a curva característica para dois LEDs de cores diferentes mas de uma mesma tecnologia. Obtenha valores para a resistência dinâmica (LED conduzindo) dos LEDs. Lembrando que energia E é dada por $E = h f$, em que f é frequência e h a constante de Planck. Verifique experimentalmente qual cor de LED apresenta maior queda de voltagem sobre seus terminais e compare com o resultado teórico esperado. Lembre-se que $\Delta\text{voltagem} = \frac{\text{energia}}{\text{Carga - elétrica}}$

Resposta: Responder aqui inserindo esboço das curvas observadas.

```
%%led azul  
clear;clc;close all;  
z=[0.003    0.010
```

```

0.104      0.010
0.204      0.011
0.298      0.011
0.396      0.011
0.495      0.011
0.595      0.011
0.695      0.011
0.795      0.011
0.900      0.011
0.999      0.011
1.100      0.011
1.200      0.011
1.300      0.011
1.399      0.010
1.505      0.011
1.606      0.011
1.706      0.011
1.805      0.011
1.903      0.011
2.006      0.011
2.104      0.011
2.203      0.011
2.303      0.011
2.402      0.019
2.496      0.118
2.574      0.649
2.665      2.211
2.757      4.754
2.853      8.204
2.948      12.405
3.045      17.473
3.139      23.343
3.246      31.247
3.340      39.422];
v=z(:,1);
i=z(:,2);
a=v\i;
figure(2);
subplot(2,1,1)
plot(v,i)
xlabel('V_{12} (V)')
ylabel('i(mA)')
title('led azul')

%led vermelho
z=[0.003      0.011
0.104      0.011
0.204      0.011
0.298      0.011
0.397      0.011

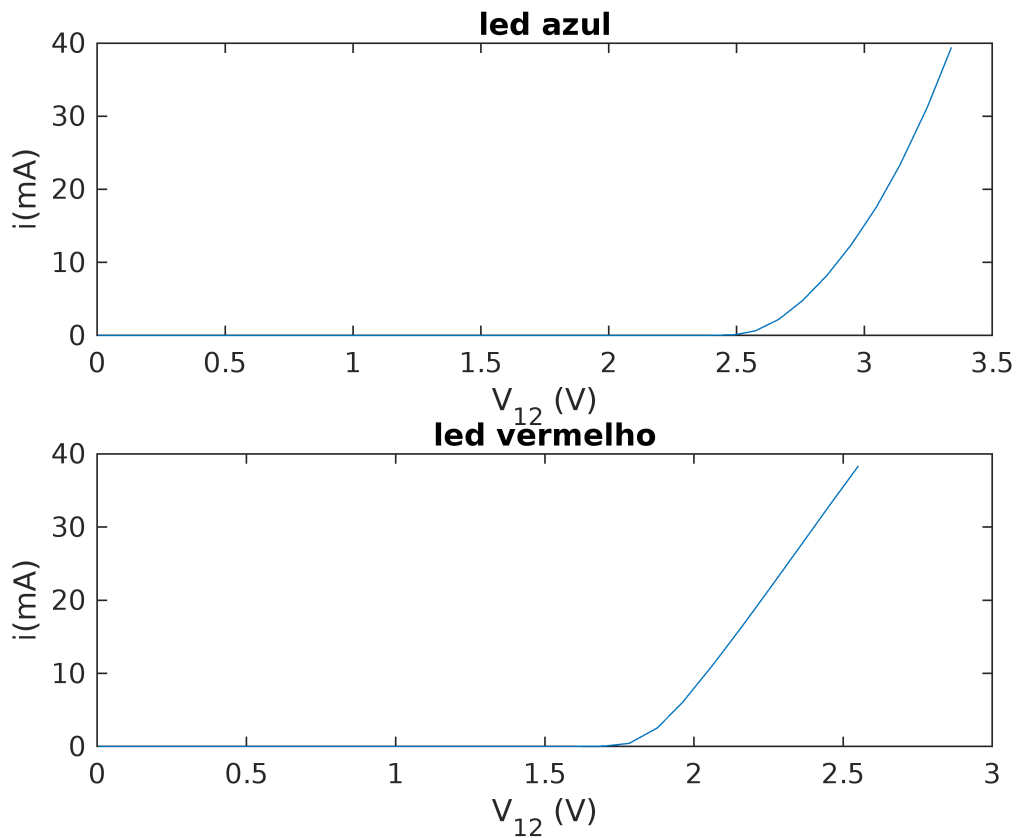
```



```

0.495    0.011
0.595    0.011
0.695    0.011
0.795    0.010
0.900    0.012
1.000    0.010
1.100    0.011
1.201    0.011
1.301    0.011
1.400    0.011
1.505    0.011
1.606    0.019
1.703    0.073
1.783    0.437
1.877    2.540
1.961    6.003
2.064    11.186
2.161    16.401
2.262    22.040
2.352    27.140
2.456    33.046
2.551    38.335];
v=z(:,1);
i=z(:,2);
a=v\i;
subplot(2,1,2)
plot(v,i)
xlabel('V_{12} (V)')
ylabel('i(mA)')
title('led vermelho')

```



(c) Combinação série de um LED e um resistor. Obtenha uma curva para cada valor de resistor a seguir:

- i. Resistor: 330 Ω .
- ii. Resistor: 1 k Ω .

Resposta: Responder aqui inserindo esboço das curvas observadas para os dois resistores

```
%led azul em serie com 330 ohms
clc;clear;close all;
z=[0.003    0.011
0.104    0.010
0.204    0.011
0.298    0.011
0.397    0.011
0.495    0.011
```

```

0.595    0.011
0.695    0.011
0.795    0.011
0.900    0.011
1.000    0.011
1.100    0.011
1.200    0.011
1.300    0.011
1.400    0.011
1.505    0.011
1.606    0.011
1.706    0.010
1.805    0.011
1.903    0.011
2.006    0.010
2.104    0.011
2.203    0.011
2.303    0.011
2.402    0.017
2.498    0.071
2.596    0.225
2.686    0.413
2.776    0.623
2.864    0.835
2.952    1.057
3.044    1.293
3.192    1.681
3.291    1.943
3.389    2.205
3.486    2.467
3.589    2.747
3.681    2.995
3.783    3.274
3.880    3.541
3.982    3.820
4.079    4.087
4.175    4.353
4.271    4.620
4.373    4.903
4.470    5.172
4.572    5.456
4.668    5.726
4.768    6.003
4.867    6.282
4.966    6.560];
v=z(:,1);
i=z(:,2);
a=v\i;
figure(3)
subplot(2,1,1)

```

```

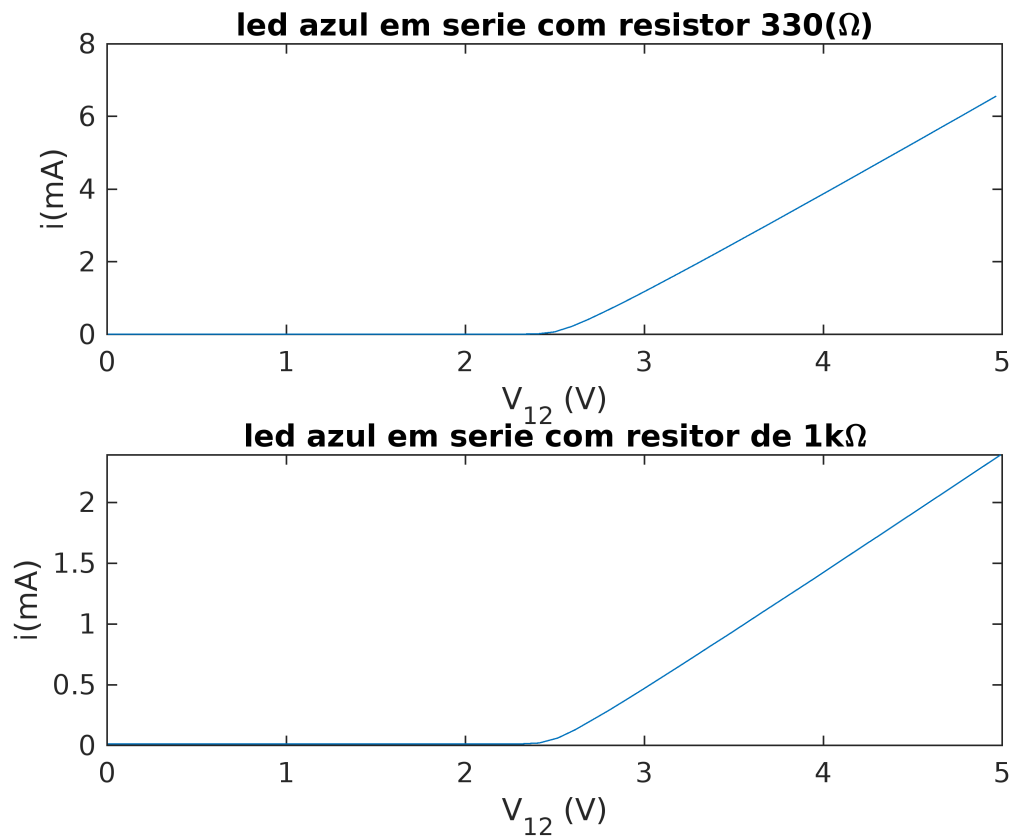
plot(v,i)
xlabel('V_{12} (V)')
ylabel('i(mA)')
title('led azul em serie com resistor 330(\Omega)')
%led azul em serie com 1k ohms
z=[0.004      0.013
0.098      0.013
0.199      0.013
0.299      0.013
0.399      0.013
0.501      0.013
0.601      0.013
0.701      0.013
0.801      0.013
0.908      0.014
1.009      0.013
1.111      0.014
1.212      0.013
1.312      0.013
1.411      0.013
1.511      0.013
1.611      0.014
1.712      0.013
1.814      0.013
1.914      0.013
2.015      0.013
2.114      0.014
2.214      0.014
2.313      0.014
2.413      0.021
2.517      0.062
2.614      0.130
2.710      0.211
2.805      0.292
2.900      0.378
2.996      0.466
3.091      0.555
3.186      0.644
3.280      0.733
3.375      0.824
3.470      0.913
3.564      1.004
3.659      1.096
3.754      1.187
3.850      1.279
3.945      1.370
4.046      1.469
4.140      1.561
4.234      1.653
4.329      1.744

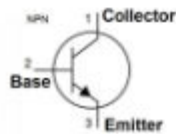
```

```

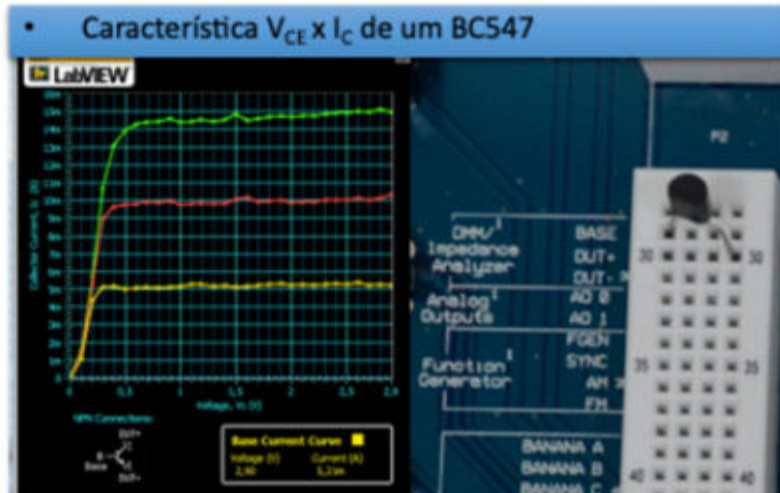
4.424    1.838
4.517    1.928
4.612    2.021
4.707    2.114
4.896    2.299
4.991    2.392];
v=z(:,1);
i=z(:,2);
a=v\i;
subplot(2,1,2)
plot(v,i)
xlabel('V_{12} (V)')
ylabel('i(mA)')
title('led azul em serie com resitor de 1k\Omega')

```





(a) Diagrama de pinagem T0-92 (BC547, BC549).



(b) Diagrama de montagem para teste de TJB usando o instrumento virtual 3-wire do NIELVISII+.

Figura 4: Pinagem e esquema de montagem para obtenção da característica $V_{CE} \times I_C$ de um transistor NPN.

2. Obtenha a característica estática $V_{CE} \times I_C$ para um transistor bipolar npn - BJT (e.g. BC549 ou BC547, vide Figura 4) utilizando o instrumento virtual 3-Wire (obter 8 curvas).

```
%curva vce x ic
clear;clc;close all;
z1=[0.00511153    0.00002961
0.09920416    0.00332981
0.19684683    0.00393022
0.29473657    0.00398237
0.39639027    0.00398031
0.49756557    0.00405328
0.59497242    0.00401041
0.69883828    0.00403426
0.79450941    0.00409970
0.88273705    0.00403964
0.99415853    0.00402879
1.09761046    0.00408601
1.17948637    0.00402019
1.28859230    0.00410049
1.38521284    0.00404293
1.49079742    0.00407516
1.59475582    0.00415157
1.69633005    0.00409106]
```

1.79541990	0.00408163
1.89825730	0.00419173
1.99684206	0.00420491
2.09544844	0.00413353
2.19496394	0.00414824
2.25442732	0.00413615
2.35964614	0.00418559
2.45777519	0.00415963
2.55884547	0.00422614
2.69500468	0.00419739
2.76519176	0.00424871
2.86213383	0.00414687
2.96564227	0.00419209
3.06020825	0.00421950
3.16299709	0.00424082
3.26191698	0.00426326
3.36228819	0.00423920
3.46357595	0.00425434
3.56275273	0.00426968
3.66240633	0.00421917
3.76404280	0.00435183
3.86951000	0.00424018
3.97113724	0.00427886
4.06033379	0.00424600
4.16371846	0.00432111
4.26501052	0.00429872
4.36088601	0.00438471
4.46133512	0.00440017
4.55796843	0.00449395
4.66512999	0.00431522
4.75757129	0.00433096
4.86320213	0.00447304
4.95849039	0.00445314];

z2=[0.00511153 0.00004879

0.09920416	0.00411919
0.19684683	0.00748446
0.29473657	0.00759010
0.39639027	0.00760628
0.49756557	0.00770373
0.59497242	0.00766672
0.69883828	0.00765468
0.79450941	0.00773860
0.88273705	0.00770667
0.99415853	0.00769582
1.09761046	0.00778063
1.17948637	0.00792084
1.28859230	0.00775226
1.38521284	0.00772182
1.49079742	0.00801482

1.59475582	0.00787436
1.69633005	0.00803951
1.79541990	0.00773898
1.89825730	0.00787578
1.99684206	0.00788696
2.09544844	0.00783871
2.19496394	0.00812174
2.25442732	0.00808726
2.35964614	0.00790264
2.45777519	0.00814009
2.55884547	0.00793676
2.69500468	0.00800280
2.76519176	0.00811313
2.86213383	0.00797466
2.96564227	0.00811298
3.06020825	0.00808194
3.16299709	0.00814181
3.26191698	0.00815617
3.36228819	0.00812456
3.46357595	0.00809203
3.56275273	0.00820590
3.66240633	0.00816491
3.76404280	0.00832047
3.86951000	0.00813800
3.97113724	0.00824819
4.06033379	0.00816990
4.16371846	0.00824035
4.26501052	0.00822307
4.36088601	0.00827865
4.46133512	0.00846882
4.55796843	0.00842544
4.66512999	0.00855986
4.75757129	0.00841362
4.86320213	0.00861572
4.95849039	0.00851608];

z3=[0.00511153 0.00006569

0.09920416	0.00447562
0.19684683	0.01086717
0.29473657	0.01123954
0.39639027	0.01130951
0.49756557	0.01141803
0.59497242	0.01139001
0.69883828	0.01143933
0.79450941	0.01154823
0.88273705	0.01151239
0.99415853	0.01146534
1.09761046	0.01157323
1.17948637	0.01144586
1.28859230	0.01159261

1.38521284	0.01159034
1.49079742	0.01156056
1.59475582	0.01171239
1.69633005	0.01160844
1.79541990	0.01162081
1.89825730	0.01178707
1.99684206	0.01177847
2.09544844	0.01168297
2.19496394	0.01173446
2.25442732	0.01170980
2.35964614	0.01180362
2.45777519	0.01176111
2.55884547	0.01185958
2.69500468	0.01206624
2.76519176	0.01189419
2.86213383	0.01204331
2.96564227	0.01193641
3.06020825	0.01189159
3.16299709	0.01201090
3.26191698	0.01196727
3.36228819	0.01226107
3.46357595	0.01222935
3.56275273	0.01206947
3.66240633	0.01205240
3.76404280	0.01228579
3.86951000	0.01237668
3.97113724	0.01217402
4.06033379	0.01240076
4.16371846	0.01245482
4.26501052	0.01246502
4.36088601	0.01243920
4.46133512	0.01264659
4.55796843	0.01267374
4.66512999	0.01253643
4.75757129	0.01259484
4.86320213	0.01250504
4.95849039	0.01269529];

z4=[0.00511153 0.00008494

0.09920416	0.00468417
0.19684683	0.01263197
0.29473657	0.01469105
0.39639027	0.01484467
0.49756557	0.01494700
0.59497242	0.01491244
0.69883828	0.01496587
0.79450941	0.01510230
0.88273705	0.01507768
0.99415853	0.01508716
1.09761046	0.01524536

1.17948637	0.01504092
1.28859230	0.01521193
1.38521284	0.01524509
1.49079742	0.01524599
1.59475582	0.01543740
1.69633005	0.01525416
1.79541990	0.01528617
1.89825730	0.01543777
1.99684206	0.01551355
2.09544844	0.01542831
2.19496394	0.01550922
2.25442732	0.01548193
2.35964614	0.01563069
2.45777519	0.01552833
2.55884547	0.01562118
2.69500468	0.01568005
2.76519176	0.01592436
2.86213383	0.01571247
2.96564227	0.01598012
3.06020825	0.01591134
3.16299709	0.01573388
3.26191698	0.01599621
3.36228819	0.01601013
3.46357595	0.01591103
3.56275273	0.01614965
3.66240633	0.01620021
3.76404280	0.01608531
3.86951000	0.01622494
3.97113724	0.01635286
4.06033379	0.01630430
4.16371846	0.01634272
4.26501052	0.01638687
4.36088601	0.01633294
4.46133512	0.01649999
4.55796843	0.01652851
4.66512999	0.01647238
4.75757129	0.01671518
4.86320213	0.01672970
4.95849039	0.01689373];

```

z5=[0.00511153    0.00010556
0.09920416    0.00484618
0.19684683    0.01341023
0.29473657    0.01751913
0.39639027    0.01816517
0.49756557    0.01829872
0.59497242    0.01831604
0.69883828    0.01837083
0.79450941    0.01853664
0.88273705    0.01853738

```

0.99415853	0.01855852
1.09761046	0.01874560
1.17948637	0.01892065
1.28859230	0.01873581
1.38521284	0.01880706
1.49079742	0.01912881
1.59475582	0.01902373
1.69633005	0.01921922
1.79541990	0.01890379
1.89825730	0.01904556
1.99684206	0.01918593
2.09544844	0.01939469
2.19496394	0.01917652
2.25442732	0.01945528
2.35964614	0.01938157
2.45777519	0.01925035
2.55884547	0.01933811
2.69500468	0.01936744
2.76519176	0.01954960
2.86213383	0.01959044
2.96564227	0.01959605
3.06020825	0.01956505
3.16299709	0.01977299
3.26191698	0.01961339
3.36228819	0.01969422
3.46357595	0.01999442
3.56275273	0.01985194
3.66240633	0.01994309
3.76404280	0.02024438
3.86951000	0.02004892
3.97113724	0.02017521
4.06033379	0.02015759
4.16371846	0.02020479
4.26501052	0.02029675
4.36088601	0.02052181
4.46133512	0.02064723
4.55796843	0.02070406
4.66512999	0.02070865
4.75757129	0.02053987
4.86320213	0.02065794
4.95849039	0.02077428];

z6=[0.00511153 0.00012616

0.09920416	0.00497901
0.19684683	0.01380851
0.29473657	0.01918278
0.39639027	0.02109661
0.49756557	0.02162242
0.59497242	0.02180323
0.69883828	0.02187000

0.79450941	0.02207424
0.88273705	0.02208345
0.99415853	0.02205306
1.09761046	0.02230127
1.17948637	0.02215189
1.28859230	0.02237181
1.38521284	0.02248241
1.49079742	0.02243858
1.59475582	0.02268979
1.69633005	0.02252377
1.79541990	0.02264014
1.89825730	0.02280535
1.99684206	0.02300226
2.09544844	0.02286690
2.19496394	0.02295751
2.25442732	0.02291168
2.35964614	0.02287527
2.45777519	0.02310302
2.55884547	0.02251565
2.69500468	0.02346598
2.76519176	0.02333943
2.86213383	0.02334726
2.96564227	0.02336541
3.06020825	0.02338616
3.16299709	0.02366360
3.26191698	0.02344594
3.36228819	0.02352938
3.46357595	0.02348764
3.56275273	0.02375574
3.66240633	0.02388337
3.76404280	0.02379575
3.86951000	0.02404927
3.97113724	0.02420560
4.06033379	0.02418987
4.16371846	0.02424728
4.26501052	0.02439427
4.36088601	0.02425723
4.46133512	0.02429152
4.55796843	0.02437929
4.66512999	0.02454271
4.75757129	0.02469266
4.86320213	0.02483501
4.95849039	0.02491030];

z7=[0.00511153 0.00014405

0.09920416	0.00508853
0.19684683	0.01408270
0.29473657	0.02050485
0.39639027	0.02285648
0.49756557	0.02389989

0.59497242	0.02474141
0.69883828	0.02499907
0.79450941	0.02523605
0.88273705	0.02528431
0.99415853	0.02532560
1.09761046	0.02561539
1.17948637	0.02580466
1.28859230	0.02565751
1.38521284	0.02580465
1.49079742	0.02616838
1.59475582	0.02613482
1.69633005	0.02627038
1.79541990	0.02606886
1.89825730	0.02620527
1.99684206	0.02647506
2.09544844	0.02666021
2.19496394	0.02641084
2.25442732	0.02642260
2.35964614	0.02680010
2.45777519	0.02673773
2.55884547	0.02894279
2.69500468	0.02693126
2.76519176	0.02721960
2.86213383	0.02720123
2.96564227	0.02724849
3.06020825	0.02720077
3.16299709	0.02724830
3.26191698	0.02737252
3.36228819	0.02748728
3.46357595	0.02750983
3.56275273	0.02741691
3.66240633	0.02760106
3.76404280	0.02785951
3.86951000	0.02776480
3.97113724	0.02792901
4.06033379	0.02795177
4.16371846	0.02799197
4.26501052	0.02820195
4.36088601	0.02842881
4.46133512	0.02853056
4.55796843	0.02862622
4.66512999	0.02847568
4.75757129	0.02868061
4.86320213	0.02874961
4.95849039	0.02878558];

```

z8=[0.00511153    0.00016093
0.09920416    0.00517150
0.19684683    0.01429071
0.29473657    0.02121615

```

0.39639027	0.02412575
0.49756557	0.02562187
0.59497242	0.02675618
0.69883828	0.02769464
0.79450941	0.02823444
0.88273705	0.02844830
0.99415853	0.02887985
1.09761046	0.02887147
1.17948637	0.02909300
1.28859230	0.02904006
1.38521284	0.02917759
1.49079742	0.02954882
1.59475582	0.02952817
1.69633005	0.02962400
1.79541990	0.02957338
1.89825730	0.02969701
1.99684206	0.03003586
2.09544844	0.02983515
2.19496394	0.02988665
2.25442732	0.02996035
2.35964614	0.03034824
2.45777519	0.03034491
2.55884547	0.03040637
2.69500468	0.03063728
2.76519176	0.03068842
2.86213383	0.03073052
2.96564227	0.03079622
3.06020825	0.03084325
3.16299709	0.03085085
3.26191698	0.03095019
3.36228819	0.03111805
3.46357595	0.03117048
3.56275273	0.03122424
3.66240633	0.03143690
3.76404280	0.03158702
3.86951000	0.03159597
3.97113724	0.03182272
4.06033379	0.03178928
4.16371846	0.03179847
4.26501052	0.03214382
4.36088601	0.03238819
4.46133512	0.03247327
4.55796843	0.03256648
4.66512999	0.03250189
4.75757129	0.03264974
4.86320213	0.03275817
4.95849039	0.03275071

];

```

v1=z1(:,1);
i1=z1(:,2);

v2=z2(:,1);
i2=z2(:,2);

v3=z3(:,1);
i3=z3(:,2);

v4=z4(:,1);
i4=z4(:,2);

v5=z5(:,1);
i5=z5(:,2);

v6=z6(:,1);
i6=z6(:,2);

v7=z7(:,1);
i7=z7(:,2);

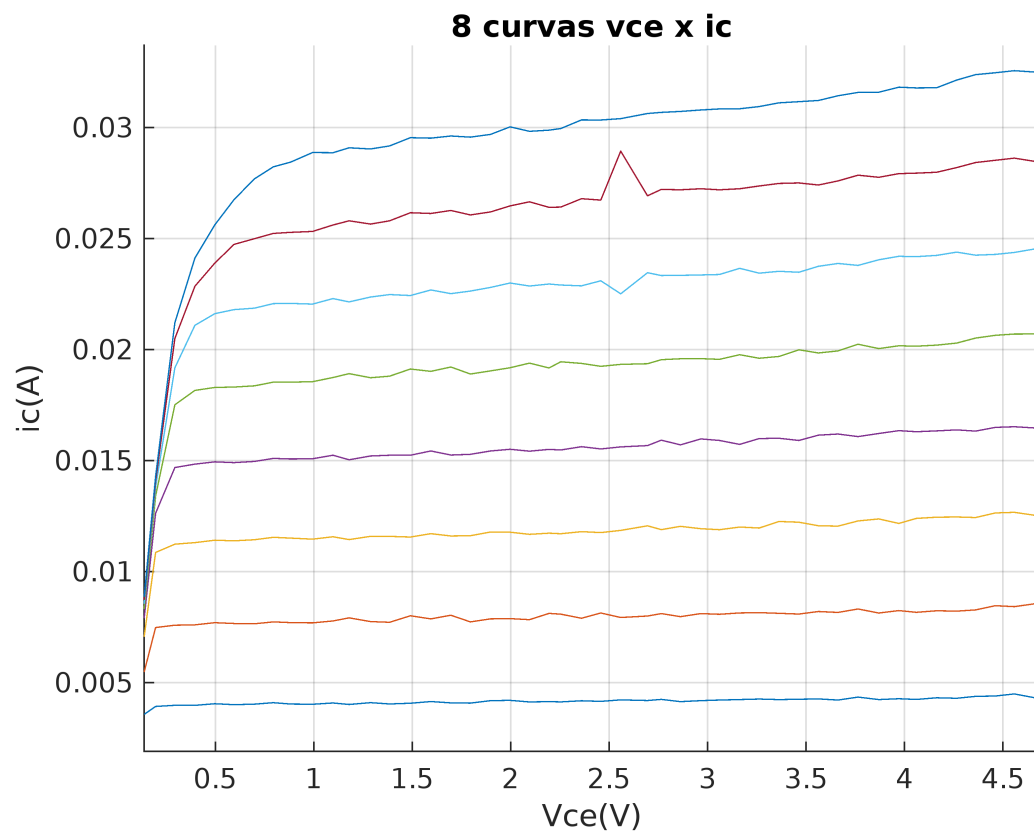
v8=z8(:,1);
i8=z8(:,2);

figure(4)
grid on
hold on
plot(v1,i1)
plot(v2,i2)
plot(v3,i3)
plot(v4,i4)
plot(v5,i5)
plot(v6,i6)
plot(v7,i7)
plot(v8,i8)
title('8 curvas vce x ic')
xlabel('Vce(V)')
ylabel('ic(A)')

```

(a) Traçar a curva de IC x IB para o transistor

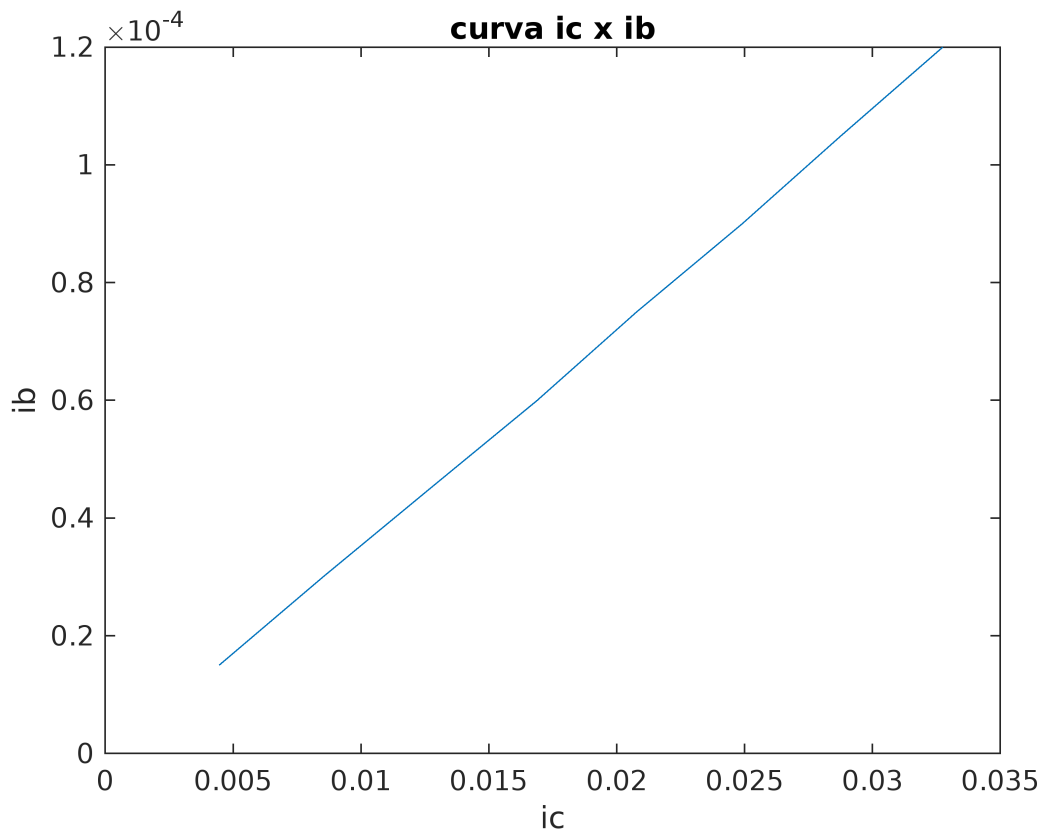
```
%ic x ib
```



```

ib=[15:15:120]*1e-6;
ic=[0.00445314 0.00851608 0.01269529 0.01689373 0.02077428 0.02491030 0.02878558 0.0327
figure(5)
plot(ic,ib)
title('curva ic x ib')
xlabel('ic')
ylabel('ib')

```

(b) Estime 3 valores de $\beta = \frac{\Delta I_c}{\Delta I_b}$ (início, meio e fim de escala)

```
%tres valores de beta
b1=(0.00851608-0.00445314)/(3e-05 - 1.5e-05);
b2=(0.0207743- 0.0168937)/(7.5e-05 - 6e-05);
b3=(0.0327507 - 0.0287856)/(0.00012- 0.000105);

fprintf('olhe os tres valores estimados para beta: %f , %f e %f',b1,b2,b3);
```

olhe os tres valores estimados para beta: 270.862667 , 258.706667 e 264.340000

(c) estime 3 valores de resistência dinâmica de saída, $r_0 = \frac{\Delta V_{ce}}{\Delta I_c}$

```
%tres valores de resistencia
r1=(4.95849039 - 4.06033379)/(0.03275071-0.03178928);4
r2=(4.95849039 - 4.86320213)/(0.02491030-0.02483501);
r3=(4.95849039-4.86320213)/(0.01689373-0.01672970);
```

```
fprintf('olhe os tres valores estimados para r0 dinamico: %f , %f e %f',r1,r2,r3);
```

olhe os tres valores estimados para r0 dinamico: 934.188240 , 1265.616417 e 580.919710

Resposta: Responder aqui inserindo esboço das curvas observadas e calculadas a partir das medições.

3. Montar os circuitos mostrados na Figura 5 (a) e (b) prestando atenção à pinagem do LED (vide Figura 2) e do transistor (vide Figura 4(a)) e verificar experimentalmente o funcionamento desses circuitos anotando voltagens e correntes nos nós e ramos do circuito como indicado na Figura 5. Compare os resultados mensurados com os previstos teoricamente. Observe e comente a variação de VCE no item c.

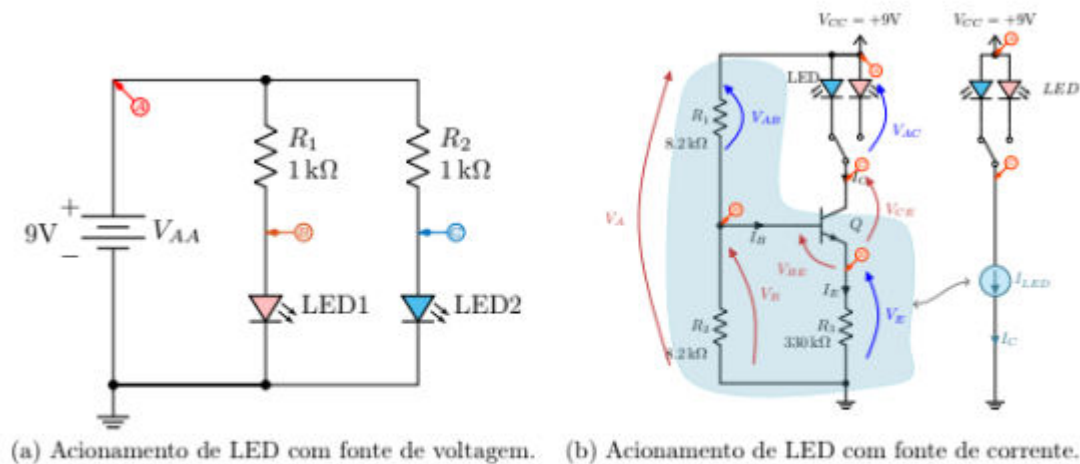


Figura 5: Circuitos de acionamento de LEDs.

- (a) O LED1 é um LED de cor vermelha ou amarela comum.
- (b) O LED2 é um LED de alto brilho de cor azul ou branca (equivalente aproximadamente a dois LEDs comuns em série).
- (c) O LED acionado com fonte de corrente constante (vide Figura 5(b)) deve ser analisado considerando os dois casos:
 - i. LED1 (vermelho ou amarelo).
 - ii. LED2 (azul).

Dica: Para analisar o circuito teoricamente, considerar o transistor BC547 ou BC549

como sendo ideal, i.e. com $|V_{BE}| = 0.7V$ e $I_B \approx 0$. Tire foto da sua montagem que permita identificá-lo. Cada aluno deve ilustrar a montagem de seu grupo no relatório. Faça a sua montagem ser tecnicamente de alta qualidade!

Resposta: Responder aqui com os valores medidos para os itens desta questão.

Resposta:

- **Circuito A**

$$\text{nó A} = 8,95V$$

$$\text{nó B} = 1,99V$$

$$\text{nó C} = 2,77V$$

$$I_t = I_1 + I_2$$

$$I_1 = V_{ab}/R_1$$

$$I_1 = (8,95 - 1,99)/1000$$

$$I_1 = 0,00696A$$

$$I_2 = V_{ac}/R_2$$

$$I_1 = (8,95 - 2,77)/1000$$

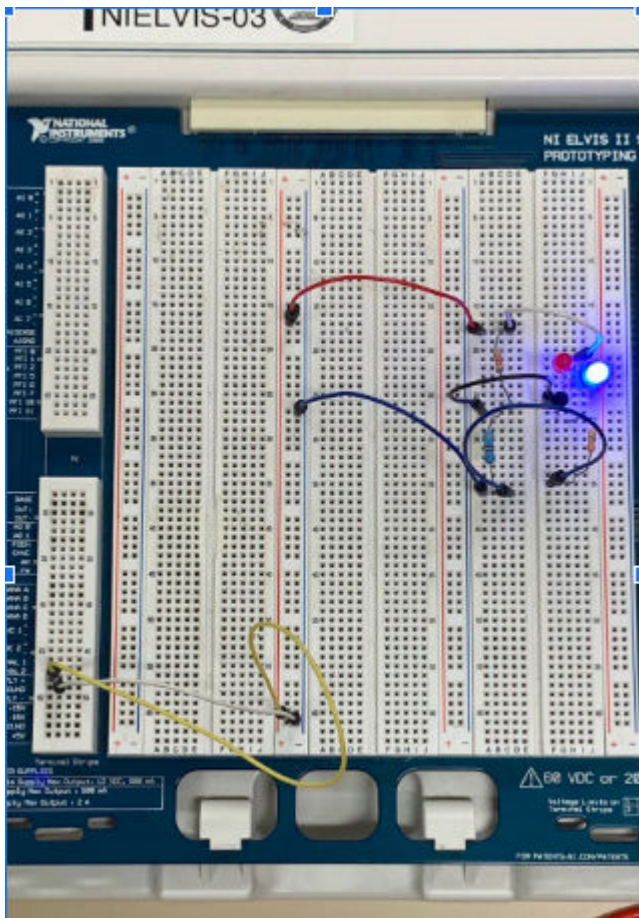
$$I_1 = 0,00618A$$

$$I_t = 0,00696 + 0,00618$$

$$I_t = 0,01314A$$

$$V_{AB} = 7,2V$$

$$V_{AC} = 6,4V$$



- Led vermelho

Nó A = 8,9V

Nó B = 4,3V

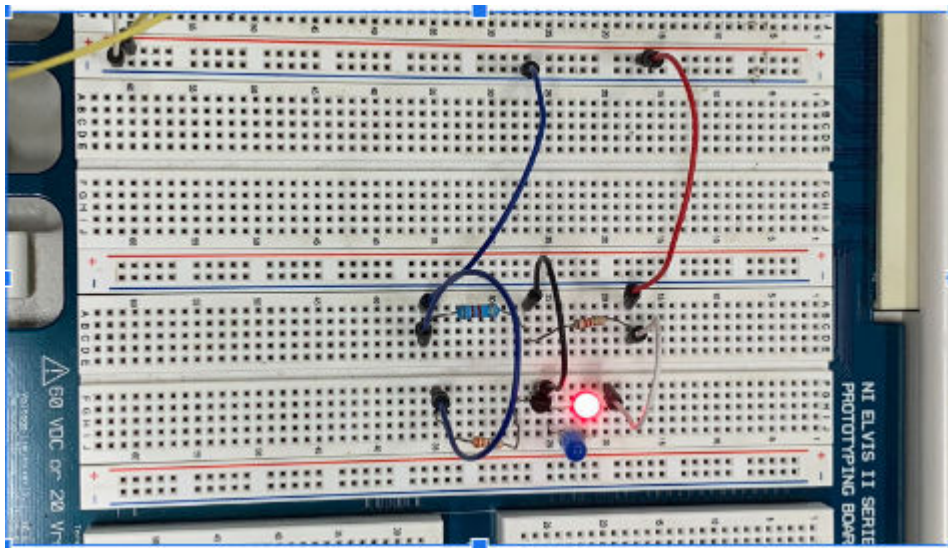
Nó C = 7,11V

Nó E = 3,6V

VD = 0V

IE = 0,01A = 11mA

IB = 11mA IC = 0,01A = 11mA



e este sou eu



2.2 Conclusões e sugestões

Resposta: Edite suas conclusões dentro do ambiente Resposta!

concluimos que o circuito 3b funciona como uma fonte de corrente para os leds e por isso brilham em tons parecidos, enquanto o circuito 3a não, por isso possuem brilhos diferentes.

entendemos que um transistor npn possui um fonte de corrente controlada por corrente.

e entendemos que um led em serie com um resistor possui uma linha mais reta
