

Quarto Relatório de Lab de Eletrônica 1

Bruno França
Henrique da Silva

4 de dezembro de 2023

Sumário

1 Introdução

2 Análise preliminar

2.1	Análise numérica	
2.2	Circuito no LTSpice	
2.3	Análise de grandes sinais	
2.3.1	Tensão nos transistores	
2.3.2	Corrente nos transistores	
2.4	Análise de pequenos sinais	
2.4.1	Calculando parâmetros	
2.4.2	Impedâncias e ganhos	

3 Medições em laboratório

3.1	Tabela de componentes	
3.2	Medidas sob diferentes condições	

4 Análise dos resultados

4.1	Frequências de corte	
4.1.1	Circuito original	
4.1.2	Circuito com C_1 10 vezes menor	
4.1.3	Circuito com C_1 10 vezes maior	
4.1.4	Circuito com C_2 10 vezes menor	
4.1.5	Circuito com C_2 10 vezes maior	
4.1.6	Circuito com C_3 10 vezes menor	
4.1.7	Circuito com C_3 10 vezes maior	
4.2	Capacitor dominante	

5 Conclusões

1 Introdução

Neste relatório, é explorado o comportamento de um circuito em configuração Darlington, que consiste em um circuito com dois transistores TBJ NPN em um circuito amplificador com fontes simétricas de tensão. Uma análise numérica do circuito será realizada, e o comportamento do mesmo será observado tanto para pequenos quanto para grandes sinais. Além disso, os resultados obtidos serão comparados com os valores medidos em laboratório.

Todos arquivos utilizados para criar este relatório, e o relatório em si estão em: https://github.com/Shapis/ufpe_ee/tree/main/7thSemester/Eletronica2/

2 Análise preliminar

Na análise teórica, utiliza-se o software LTspice para realizar a análise numérica do circuito, tanto para os grandes sinais quanto para os pequenos sinais.

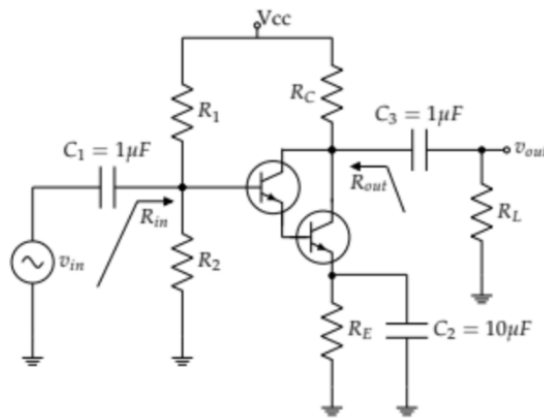


Figura 1: Configuração Darlington (Fonte: o autor)

Figura 1: Circuito em configuração Darlington.

2.1 Análise numérica

Nesta etapa, monta-se o circuito no LTSpice e verifica-se as tensões e correntes em pontos críticos específicos do circuito. Com esses dados em mãos, é possível calcular as impedâncias e ganhos associados.

2.2 Circuito no LTSpice

Simula-se o circuito no LTSpice, utilizando os valores de componentes do projeto, e em modo *DC operating point* que considera os capacitores do circuito como circuitos em aberto.

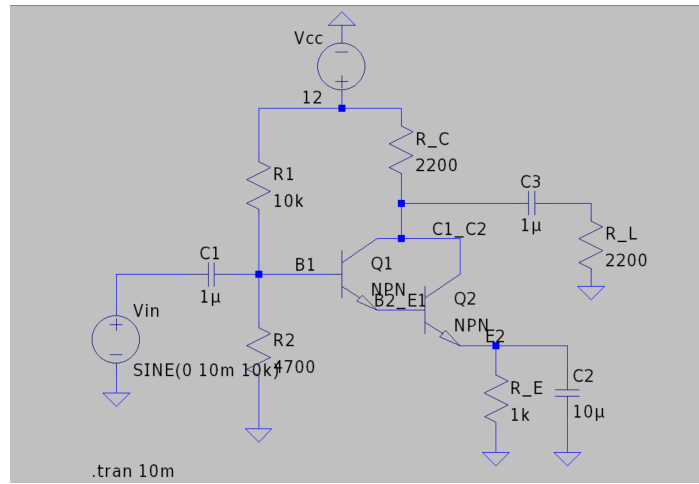


Figura 2: Circuito Darlington simulado no LTSpice.

2.3 Análise de grandes sinais

Com o circuito simulado com capacitores em aberto podemos obter os valores das tensões e correntes para grandes sinais. Os valores obtidos estão nas tabelas abaixo.

2.3.1 Tensão nos transistores

Tensão	Medida
V_{C1}	$6.80V$
V_{B1}	$3.84V$
V_{E1}	$3.16V$
V_{C2}	$6.80V$
V_{B2}	$3.16V$
V_{E2}	$2.36V$

2.3.2 Corrente nos transistores

Corrente	Medida
I_{C1}	$23.2\mu A$
I_{B1}	$0.232\mu A$
I_{E1}	$23.2\mu A$
I_{C2}	$2.36mA$
I_{B2}	$23.4\mu A$
I_{E2}	$2.36mA$

2.4 Análise de pequenos sinais

Com os valores da análise de grandes sinais calculados, podemos realizar a análise de pequenos sinais.

2.4.1 Calculando parâmetros

Para obter os ganhos globais e as impedâncias do circuito precisamos obter os parâmetros g_m , r_π , e β de cada transistor. Para isso, utilizamos as seguintes equações:

$$\begin{aligned}
g_m &= \frac{I_C}{V_T} \\
r_\pi &= \frac{\beta}{g_m} \\
\beta &= \frac{I_C}{I_B}
\end{aligned} \tag{1}$$

E obtemos os seguintes valores:

Parâmetro	Valor
g_{m1}	$9.27 * 10^{-4}$
g_{m2}	$9.36 * 10^{-2}$
β_1	100
β_2	100
$r_{\pi 1}$	$108k\Omega$
$r_{\pi 2}$	$1.07k\Omega$

2.4.2 Impedâncias e ganhos

Com os parâmetros calculados, podemos obter as impedâncias e ganhos do circuito. Para isso, utilizamos as seguintes equações:

$$\begin{aligned}
R_{inB_1} &= r_{\pi 1} + (\beta + 1)r_{\pi 2} \\
R_{in} &= R_1 // R_2 // R_{inB_1} \\
R_{out} &= R_C // R_L \\
A_v &= \frac{-g_m R_{out}}{2}
\end{aligned} \tag{2}$$

E obtemos os seguintes valores:

Parâmetro	Valor
R_{inB_1}	$216k\Omega$
R_{in}	$3.15k\Omega$
R_{out}	$1.1k\Omega$
A_v	-51.47

3 Medições em laboratório

No laboratório, montamos o circuito para realizar medições e analisar suas respostas a diversas frequências e amplitudes de sinal de entrada. Essa abordagem abrangente fornece informações práticas sobre o comportamento, estabilidade e desempenho do circuito em diferentes cenários operacionais, permitindo uma comparação posterior com as previsões teóricas.

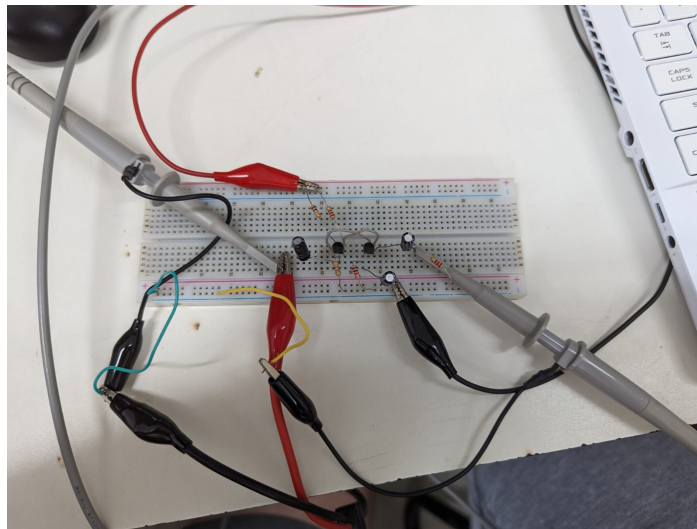


Figura 3: Circuito Darlington montado em laboratório.

3.1 Tabela de componentes

Resistores			
R1	9785		
R2	4668		
RC	2055		
RE	935		
RL	2130		
Capacitores			
C1	1.03uF	100.8nF	11.3uF
C2	10.43uF	1086nF	105.3uF
C3	0.973uF	100.8nF	11.3uF

Figura 4: Valores dos componentes medidos em laboratório.

3.2 Medidas sob diferentes condições



Figura 5: Circuito com componentes e condições iniciais.

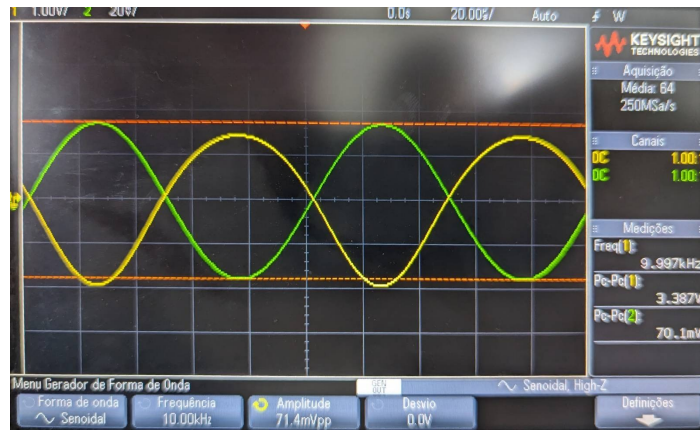


Figura 6: Circuito em início de saturação após tensão ser aumentada.



Figura 7: Circuito em saturação após tensão ser aumentada.

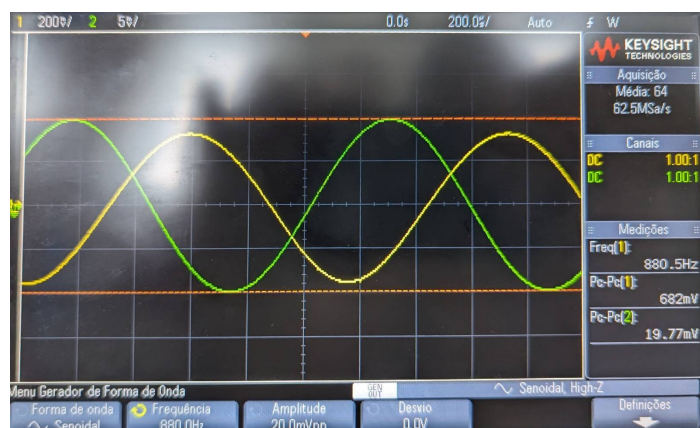


Figura 8: Circuito na frequência de corte.

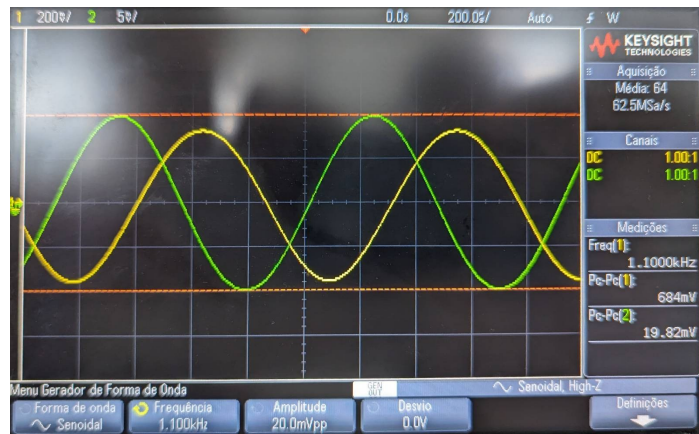


Figura 9: Circuito na frequência de corte com C_1 10 vezes menor.



Figura 10: Circuito na frequência de corte com C_1 10 vezes maior.

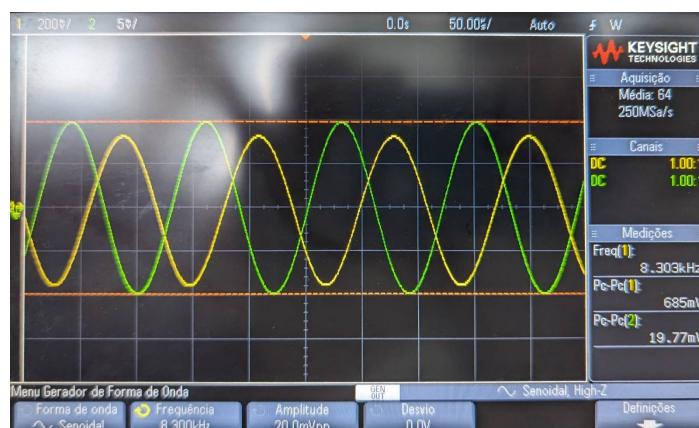


Figura 11: Circuito na frequência de corte com C_2 10 vezes menor.



Figura 12: Circuito na frequência de corte com C_2 10 vezes maior.



Figura 13: Circuito na frequência de corte com C_3 10 vezes menor.



Figura 14: Circuito na frequência de corte com C_3 10 vezes maior.

4 Análise dos resultados

Na análise, foca-se nas frequências de corte para compreender a importância de cada capacitor em sua determinação. Isso permite não apenas quantificar a influência de cada componente, mas também compreender a complexa interação entre eles.

4.1 Frequências de corte

Para o circuito com seus componentes iniciais temos a seguinte frequência de corte:

4.1.1 Circuito original

$$F_L = 880Hz \quad (3)$$

4.1.2 Circuito com C_1 10 vezes menor

$$F_L = 1.1kHz \quad (4)$$

4.1.3 Circuito com C_1 10 vezes maior

$$F_L = 880Hz \quad (5)$$

4.1.4 Circuito com C_2 10 vezes menor

$$F_L = 8.3kHz \quad (6)$$

4.1.5 Circuito com C_2 10 vezes maior

$$F_L = 480Hz \quad (7)$$

4.1.6 Circuito com C_3 10 vezes menor

$$F_L = 999Hz \quad (8)$$

4.1.7 Circuito com C_3 10 vezes maior

$$F_L = 870Hz \quad (9)$$

4.2 Capacitor dominante

Ao dispor dessas frequências, torna-se evidente que o capacitor C_2 desempenha um papel proeminente e determinante nas características de corte do circuito. Sua influência preponderante sugere que as propriedades específicas desse componente exercem um impacto significativo na resposta do circuito em diferentes faixas de frequência.

5 Conclusões

Chegamos à conclusão de que o experimento foi conduzido com êxito, apresentando resultados que se aproximaram das expectativas inicialmente estabelecidas. A análise do circuito Darlington proporcionou uma compreensão mais aprofundada do comportamento dos transistores, bem como das análises necessárias para sua polarização e controle.

Foi possível realizar a montagem do projeto e empreender uma análise específica do componente preponderante no circuito, o capacitor C_2 . Essa análise revelou a influência significativa de C_2 na frequência de corte do circuito, proporcionando uma visão mais apurada de sua contribuição para o desempenho global do sistema.