

# Relatório sobre destruição e recuperação de dados em dispositivos Android

Henrique da Silva  
henrique.pedro@ufpe.br

5 de setembro de 2023

## Sumário

### 1 Introdução

### 2 Análise preliminar

2.1	Análise simbólica grandes sinais . . . . .	
2.1.1	Restrições . . . . .	
2.1.2	Análise nodal do circuito . . . . .	
2.1.3	Solução das tensões e correntes . . . . .	
2.2	Análise simbólica pequenos sinais . . . . .	
2.2.1	Análise nodal do circuito . . . . .	
2.2.2	Ganho de tensão . . . . .	
2.2.3	Resistência de entrada . . . . .	
2.2.4	Resistência de Thevenin . . . . .	
2.2.5	Tensão de Thevenin . . . . .	
2.2.6	Constante de proporcionalidade . . . . .	
2.3	Projeto do circuito . . . . .	
2.3.1	Componentes . . . . .	
2.3.2	Aproximações para valores comerciais . . . . .	
2.3.3	Tensão para grandes sinais . . . . .	
2.3.4	Tensão para pequenos sinais . . . . .	

### 3 Medições em laboratório

### 4 Análise dos resultados

4.1	Exemplo 1 . . . . .	
4.2	Exemplo 2 . . . . .	

### 5 Conclusões

# 1 Introdução

Neste relatório, exploramos técnicas de destruição e recuperação de dados em dispositivos Android. Para isso, utilizamos ferramentas especializadas, tais como a *ferramenta 1*, a *ferramenta 2* e a *ferramenta 3*, além de abordarmos o uso de ferramentas de recuperação de dados como as ferramentas *ferramenta 1*, a *ferramenta 2* e a *ferramenta 3*.

Também discutimos como restaurar o funcionamento do dispositivo após a destruição de dados, e alertamos sobre os riscos associados a práticas maliciosas nesse contexto.

Todos arquivos utilizados para criar este relatório, e o relatório em si estão em: [https://github.com/Shapis/ufpe\\_ee/tree/main/6thsemester/Eletronica1/](https://github.com/Shapis/ufpe_ee/tree/main/6thsemester/Eletronica1/)

O código utilizado para a análise numérica também se encontra no anexo ao final do relatório.

## 2 Análise preliminar

Na análise teórica, o comportamento do circuito é considerado tanto para os grandes sinais quanto para os pequenos sinais. São utilizados modelos diferentes para cada um desses casos, conforme detalhado a seguir.

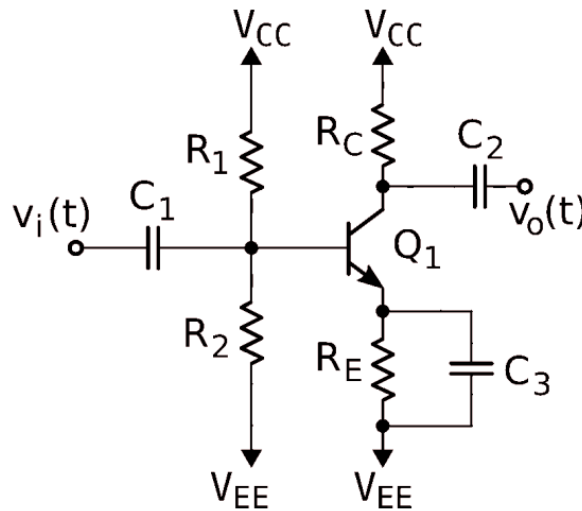


Figura 1: Circuito amplificador emissor de base comum.

### 2.1 Análise simbólica grandes sinais

A análise é conduzida, examinando-se as restrições de polarização do transistor e as equações de nós do circuito.

Utiliza-se o modelo 2 para analisar o TBJ quando submetido para grandes sinais.

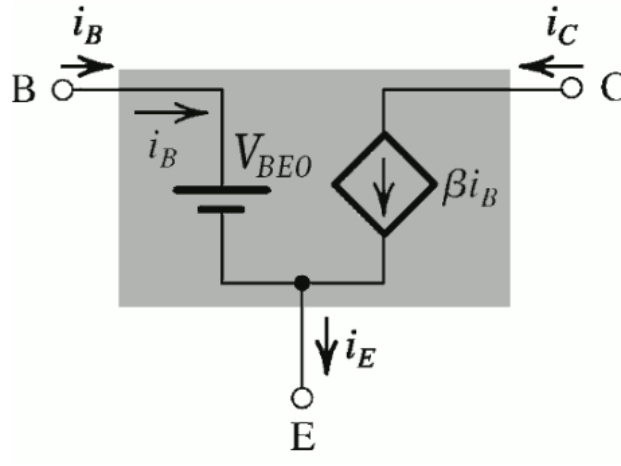


Figura 2: Modelo TBJ para grandes sinais.

Com este modelo, é possível fazer a substituição no circuito. Para grandes sinais, os capacitores do circuito se comportarão como circuito em aberto, o que permite removê-los na análise, resultando no circuito mostrado na figura 3.

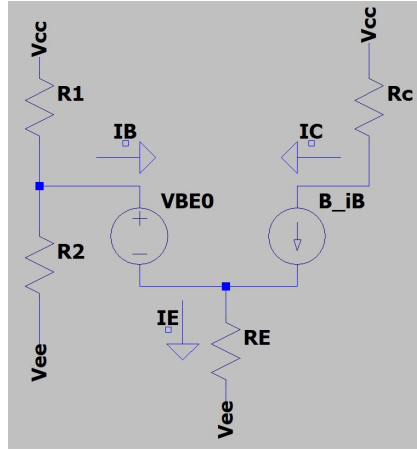


Figura 3: Circuito com substituições para grandes sinais.

### 2.1.1 Restrições

Para que o transistor esteja na região ativa, é necessário que sejam satisfeitas as seguintes condições.

$$\begin{cases} V_{BE} = 0.7V \\ V_{CE} > 0.2V \\ I_C = \beta I_B \\ I_E = I_C + I_B \end{cases} \quad (1)$$

### 2.1.2 Análise nodal do circuito

Utiliza-se a lei de Kirchhoff das correntes para derivar as equações nodais seguintes.

$$\begin{aligned} I_b + \frac{V_b - V_{ee}}{R_2} + \frac{V_b - V_{cc}}{R_1} &= 0 \\ \frac{-V_e + V_{ee}}{R_e} &= I_e \\ \frac{-V_c + V_{cc}}{R_c} &= I_c \end{aligned} \quad (2)$$

### 2.1.3 Solução das tensões e correntes

Utiliza-se as restricoes 1 e as equacoes do circuito 2 e resolvemos simbolicamente para  $V_b$ ,  $V_c$ ,  $V_e$ ,  $I_b$ ,  $I_c$  e  $I_e$ .

As equações foram resolvidas utilizando a biblioteca Sympy, e o código correspondente está no apêndice. As soluções das variáveis tornaram-se muito extensas para serem representadas no formato de equações. Portanto, estamos apresentando somente as figuras que ilustram os resultados de cada variável.

$$\frac{10.0 \cdot B \cdot R_1 \cdot R_e \cdot V_{ee} - 7.0 \cdot B \cdot R_1 \cdot R_e + 10.0 \cdot B \cdot R_2 \cdot R_e \cdot V_{cc} - 7.0 \cdot B \cdot R_2 \cdot R_e - 10.0 \cdot R_1 \cdot R_2 \cdot V_{ee} + 10.0 \cdot R_1 \cdot R_e \cdot V_{ee} - 7.0 \cdot R_1 \cdot R_e + 10.0 \cdot R_1 \cdot R_2 \cdot V_{cc} - 10.0 \cdot R_1 \cdot R_2 \cdot R_e - 10.0 \cdot R_1 \cdot R_2 + 10.0 \cdot R_1 \cdot R_e + 10.0 \cdot R_2 \cdot R_e}{0 \cdot R_2 \cdot R_e \cdot V_{cc} - 7.0 \cdot R_2 \cdot R_e}$$

Figura 4: Tensão no nó  $V_e$ .

$$\frac{10.0 \cdot B \cdot R_1 \cdot R_e \cdot V_{ee} + 10.0 \cdot B \cdot R_2 \cdot R_e \cdot V_{cc} - 10.0 \cdot R_1 \cdot R_2 \cdot V_{ee} - 7.0 \cdot R_1 \cdot R_2 + 10.0 \cdot R_1 \cdot R_e \cdot V_{ee} + 10.0 \cdot R_2 \cdot R_e \cdot V_{cc}}{10.0 \cdot B \cdot R_1 \cdot R_e + 10.0 \cdot B \cdot R_2 \cdot R_e - 10.0 \cdot R_1 \cdot R_2 + 10.0 \cdot R_1 \cdot R_e + 10.0 \cdot R_2 \cdot R_e}$$

Figura 5: Tensão no nó  $V_b$ .

$$\frac{-7.0 \cdot B \cdot R_1 \cdot R_c + 10.0 \cdot B \cdot R_1 \cdot R_e \cdot V_{cc} + 10.0 \cdot B \cdot R_2 \cdot R_c \cdot V_{cc} - 10.0 \cdot B \cdot R_2 \cdot R_c \cdot V_{ee} - 7.0 \cdot B \cdot R_2 \cdot R_c + 10.0 \cdot B \cdot R_2 \cdot R_e \cdot V_{cc} - 10.0 \cdot R_1 \cdot R_2 \cdot V_{cc} + 10.0 \cdot R_1 \cdot R_e \cdot V_{cc} + 10.0 \cdot R_2 \cdot R_e \cdot V_{cc}}{10.0 \cdot B \cdot R_1 \cdot R_e + 10.0 \cdot B \cdot R_2 \cdot R_e - 10.0 \cdot R_1 \cdot R_2 + 10.0 \cdot R_1 \cdot R_e + 10.0 \cdot R_2 \cdot R_e}$$

Figura 6: Tensão no nó  $V_c$ .

$$\frac{7.0 \cdot B \cdot R_1 - 10.0 \cdot B \cdot R_2 \cdot V_{cc} + 10.0 \cdot B \cdot R_2 \cdot V_{ee} + 7.0 \cdot B \cdot R_2 + 7.0 \cdot R_1 - 10.0 \cdot R_2 \cdot V_{cc} + 10.0 \cdot R_2 \cdot V_{ee} + 7.0 \cdot R_2}{10.0 \cdot B \cdot R_1 \cdot R_e + 10.0 \cdot B \cdot R_2 \cdot R_e - 10.0 \cdot R_1 \cdot R_2 + 10.0 \cdot R_1 \cdot R_e + 10.0 \cdot R_2 \cdot R_e}$$

Figura 7: Corrente  $I_e$ .

$$\frac{7.0 \cdot R_1 - 10.0 \cdot R_2 \cdot V_{cc} + 10.0 \cdot R_2 \cdot V_{ee} + 7.0 \cdot R_2}{10.0 \cdot B \cdot R_1 \cdot R_e + 10.0 \cdot B \cdot R_2 \cdot R_e - 10.0 \cdot R_1 \cdot R_2 + 10.0 \cdot R_1 \cdot R_e + 10.0 \cdot R_2 \cdot R_e}$$

Figura 8: Corrente  $I_b$ .

$$\frac{7.0 \cdot B \cdot R_1 - 10.0 \cdot B \cdot R_2 \cdot V_{cc} + 10.0 \cdot B \cdot R_2 \cdot V_{ee} + 7.0 \cdot B \cdot R_2}{10.0 \cdot B \cdot R_1 \cdot R_e + 10.0 \cdot B \cdot R_2 \cdot R_e - 10.0 \cdot R_1 \cdot R_2 + 10.0 \cdot R_1 \cdot R_e + 10.0 \cdot R_2 \cdot R_e}$$

Figura 9: Corrente  $I_c$ .

## 2.2 Análise simbólica pequenos sinais

Na análise de pequenos sinais, adotamos a simplificação de considerar que os capacitores se comportam como curtos-circuitos. Além disso, assumimos que todas as fontes de tensão contínua ( $DC$ ) estão devidamente aterradas.

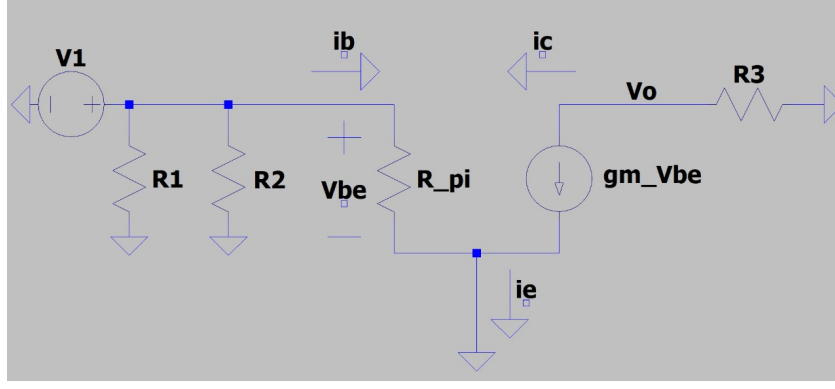


Figura 10: Circuito com substituições para pequenos sinais.

### 2.2.1 Análise nodal do circuito

Utiliza-se a lei de Kirchhoff das correntes para derivar as equações nodais seguintes.

$$\begin{aligned}
 -I_b + \frac{V_i}{R_{pi}} &= 0 \\
 I_c + \frac{V_o}{R_c} &= 0 \\
 I_c - V_{be}gm &= 0 \\
 -I_b - I_c + I_e &= 0 \\
 I_b R_\pi - V_{be} &= 0
 \end{aligned} \tag{3}$$

### 2.2.2 Ganho de tensão

Para analisar o ganho de tensão, foi realizada uma solução numérica para  $V_o$  e  $V_i$ , utilizando as equações 3. Os resultados obtidos são os seguintes:

$$A = -gmR_c \tag{4}$$

### 2.2.3 Resistência de entrada

Para analisar a resistência de entrada, foi realizada uma solução numérica para  $V_i$  e  $I_i$ , utilizando as equações 3. Os resultados obtidos são os seguintes:

$$R_{in} = R_\pi // R_1 // R_2 \tag{5}$$

### 2.2.4 Resistência de Thevenin

Ao anular as fontes de tensão independentes, a tensão através de  $R_\pi$  se torna zero, o que faz com que  $V_{be0}$  seja igual a zero, desativando assim a fonte de corrente dependente.

Isso leva à conclusão de que a resistência de Thévenin é igual a  $R_c$ .

### 2.2.5 Tensão de Thevenin

Analisa-se a tensão que está sendo aplicada sobre  $R_c$  e com isso obtemos que  $V_{th} = V_o = V_c$ .

### 2.2.6 Constante de proporcionalidade

Ao considerar  $K = V_{th}/V_i$  e  $V_{th} = V_o$ , podemos afirmar que  $K$  é igual ao ganho de tensão que calculamos anteriormente.

$$K = A = -gmR_c \tag{6}$$

## 2.3 Projeto do circuito

Para projetar o circuito, é necessário atender aos requisitos especificados no projeto e utilizar números  $n$  derivados da combinação dos *CPFs* dos integrantes da equipe. No caso da equipe, todos os valores de  $n$  foram  $n_1 = n_2 = n_3 = n_4 = 1$ . Assumindo valores como  $V_{BE0} = 0,7V$ ,  $\beta = 350$ , e  $nV_r = 40mV$ , ao atender aos requisitos, é possível calcular os componentes, tensões e correntes esperadas no circuito.

### 2.3.1 Componentes

Utilizando os requisitos especificados no projeto, procede-se ao cálculo dos componentes do circuito. Esses componentes são determinados com base nas restrições e critérios estabelecidos, garantindo que o circuito atenda aos parâmetros desejados e funcione conforme o previsto.

$$\begin{aligned} V_{cc} - \frac{V_{cc}}{4} &= (100 + 50n_1)nV_t \\ V_{cc} &= 8 \\ V_{ee} &= -8 \end{aligned} \tag{7}$$

$$\begin{aligned} R_1 &= \frac{(V_{cc} - V_b)10}{I_c} = 11k\Omega \\ R_2 &= \frac{-V_{cc} - V_b}{I_c} = 2.25k\Omega \end{aligned} \tag{8}$$

$$\begin{aligned} R_c &= \frac{(V_{cc} - \frac{V_{cc}}{4})}{2(n_2 + 5)} = 500\Omega \\ R_e &= \frac{V_e + V_{cc}}{I_e} = 167\Omega \end{aligned} \tag{9}$$

### 2.3.2 Aproximações para valores comerciais

Neste ponto do projeto, são realizadas as seguintes aproximações para os valores dos resistores, considerando as opções disponíveis no mercado de componentes eletrônicos.

Componente	Teorico	Comercial
$R_1$	$11k\Omega$	$12k\Omega$
$R_2$	$2.25k\Omega$	$2.2k\Omega$
$R_c$	$500\Omega$	$470\Omega$
$R_e$	$167\Omega$	$180\Omega$

### 2.3.3 Tensão para grandes sinais

Ao empregarmos os valores comerciais disponíveis, desvendamos os seguintes dados referentes às tensões e correntes de polarização que percorrem o circuito.

$$\begin{aligned} V_b &= -5.57V \\ V_c &= 3.5V \\ V_e &= -6.27V \\ I_b &= -2.7 * 10^{-5}A \\ I_c &= 10mA \\ I_e &= 10mA \end{aligned} \tag{10}$$

Obtem-se  $V_{Rc}$  e  $V_{Re}$  utilizando a lei de Ohm sobre os resistores  $R_c$  e  $R_e$ .

$$\begin{aligned} V_{Rc} &= 4.7V \\ V_{Re} &= 1.8V \end{aligned} \tag{11}$$

Ao alinharmos os valores das resistências com os disponíveis no mercado, constatamos que as correntes de polarização sofrem variações significativas. Essas oscilações acabam por comprometer a consecução dos requisitos previamente estipulados, desencadeando desafios adicionais no contexto do projeto do circuito.

Para contornar esse desafio, é imperativo efetuar uma modificação na resistência  $R_2$ , com o objetivo de amplificar a corrente  $I_e$ . Essa medida se faz indispensável para garantir o cumprimento dos requisitos de desempenho do circuito, pois apenas assim será possível alcançar os valores ideais de tensão e corrente de polarização necessários para o correto funcionamento do sistema.

#### **2.3.4 Tensão para pequenos sinais**

### 3 Medições em laboratório



## 4 Análise dos resultados

Os principais resultados obtidos a partir das medições e simulações realizadas no experimento foram analisados, incluindo comparações com os resultados numéricos e as conclusões relevantes.

### 4.1 Exemplo 1

No Exemplo 1, obtemos o  $V_{D0}$  medindo as tensões sobre  $R_5$  e  $V_o$  no caso em que o LED está ligado, ou seja:

$$V_{D0} = V_{om2} - V_{R5m2} = 9.22V - 7.14V = 2.08V \quad (12)$$

Utilizando os valores de  $V_{m1}$ ,  $V_{m2}$  e o novo  $V_{D0}$ , procedemos ao recálculo dos seguintes parâmetros:

- $T = 515.8ms$
- $k = 0.501$
- $V_1 = 4.313V$
- $V_2 = 5.39V$
- $I_L = 12.95mA$

Com esses dados em mãos, é possível realizar uma comparação com os valores obtidos experimentalmente:

Medidas	Experimental	Numerico
$T$	$510.62ms$	$515.8ms$
$k$	$0.5$	$0.501$
$V_1$	$4.31V$	$4.313V$
$V_2$	$5.4V$	$5.39V$
$I_L$	$12.95mA$	$12.95mA$

Ao analisar os resultados, é notável que os valores obtidos após o recálculo se aproximam consideravelmente dos valores obtidos por meio de experimentação prática. Essa proximidade indica que a montagem do circuito foi executada de forma consistente e precisa, demonstrando a integridade das medições realizadas.

### 4.2 Exemplo 2

No Exemplo 1, obtemos o  $V_{D0}$  medindo as tensões sobre  $R_5$  e  $V_o$  no caso em que o LED está ligado, ou seja:

$$V_{D0} = V_{om2} - V_{R5m2} = 9.23V - 7.22V = 2.01V \quad (13)$$

Utilizando os valores de  $V_{m1}$ ,  $V_{m2}$  e o novo  $V_{D0}$ , procedemos ao recálculo dos seguintes parâmetros:

- $T = 6.6ms$
- $k = 0.398$
- $V_1 = 1.38V$
- $V_2 = 7.12V$
- $I_L = 13.1mA$

Com esses dados em mãos, é possível realizar uma comparação com os valores obtidos experimentalmente:

Medidas	Experimental	Numerico
$T$	$7.4422ms$	$6.6ms$
$k$	0.39	0.398
$V_1$	$1.35V$	1.38
$V_2$	$7.14V$	7.12
$I_L$	$13.1mA$	$13.1mA$

Ao analisar os resultados, é notável que os valores obtidos após o recálculo se aproximam consideravelmente dos valores obtidos por meio de experimentação prática. Essa proximidade indica que a montagem do circuito foi executada de forma consistente e precisa, demonstrando a integridade das medições realizadas.

## 5 Conclusões

Conclui-se que o experimento foi realizado com sucesso, pois os resultados obtidos experimentalmente foram compatíveis com os resultados obtidos numericamente. Além disso, foi possível observar o funcionamento do circuito e a influência dos componentes na forma de onda de saída.

No decorrer deste experimento, a principal dificuldade manifestou-se na análise teórica, particularmente na resolução de equações diferenciais. Ademais, a montagem do circuito também foi ligeiramente dificultada pela falta de familiaridade com a identificação de componentes problemáticos, o que acabou limitando o tempo de montagem efetiva.