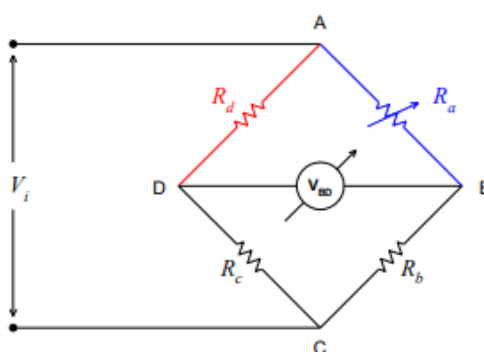


**Exercício:**

Foi visto em sala de aula que circuitos com arranjo em ponte são úteis para medição precisa de resistência, capacitância e indutância. Um arranjo para medição de resistências, conhecido como ponte de WheatStone é ilustrado abaixo



Deseja-se montar um circuito para medição da variação de resistência de extensômetros (*strain gauges*) que possuem resistência nominal de 120 Ohms. A alimentação da ponte será feita com uma fonte de 5V, a corrente máxima que pode passar pelo sensor é de 50mA.

Cada grupo deverá escolher os componentes e fazer a montagem de uma ponte. No arranjo proposto, deseja-se colocar o strain gauge a ser medido no lugar do componente com impedância  $R_d$  (conforme desenho).

1º) Escolher os componentes para a montagem da ponte. Sem que a corrente máxima seja ultrapassada

$$i_{max} = 50mA$$

$$R_c = 60\Omega$$

$$R_d = R_{dn} = 120\Omega$$

$$R_a = 2400\Omega$$

$$R = \frac{5}{0.05} = 100\Omega$$

$$R_b = 1200\Omega$$

2º) Com base na escolha feita. Estimar qual vai ser a relação entre  $R_a$  e  $R_d$ .

$$R_d = 0,05 \times R_a$$

$$R_d + \frac{R_d}{1000} \rightarrow R_a + \frac{R_a}{1000}$$

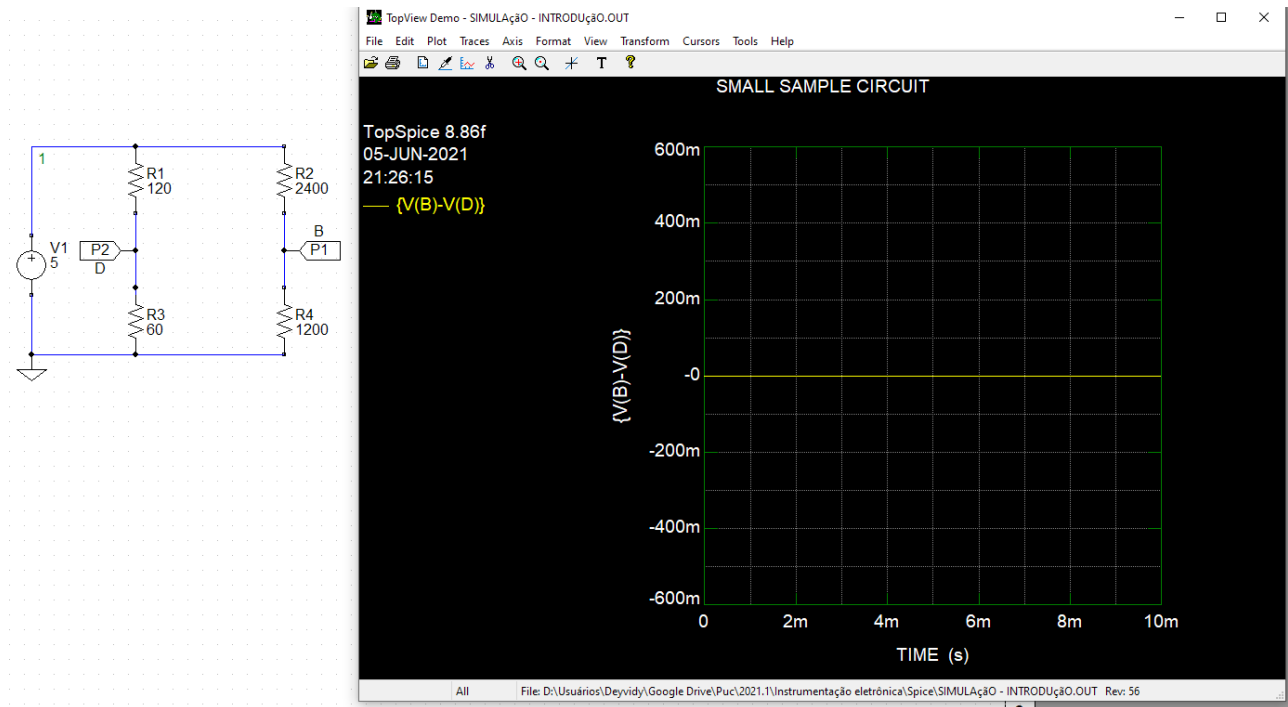
$$\Delta R_d = 0,12\Omega \text{ para cada } 2,4\Omega \text{ em } R_a$$

$$1:20$$

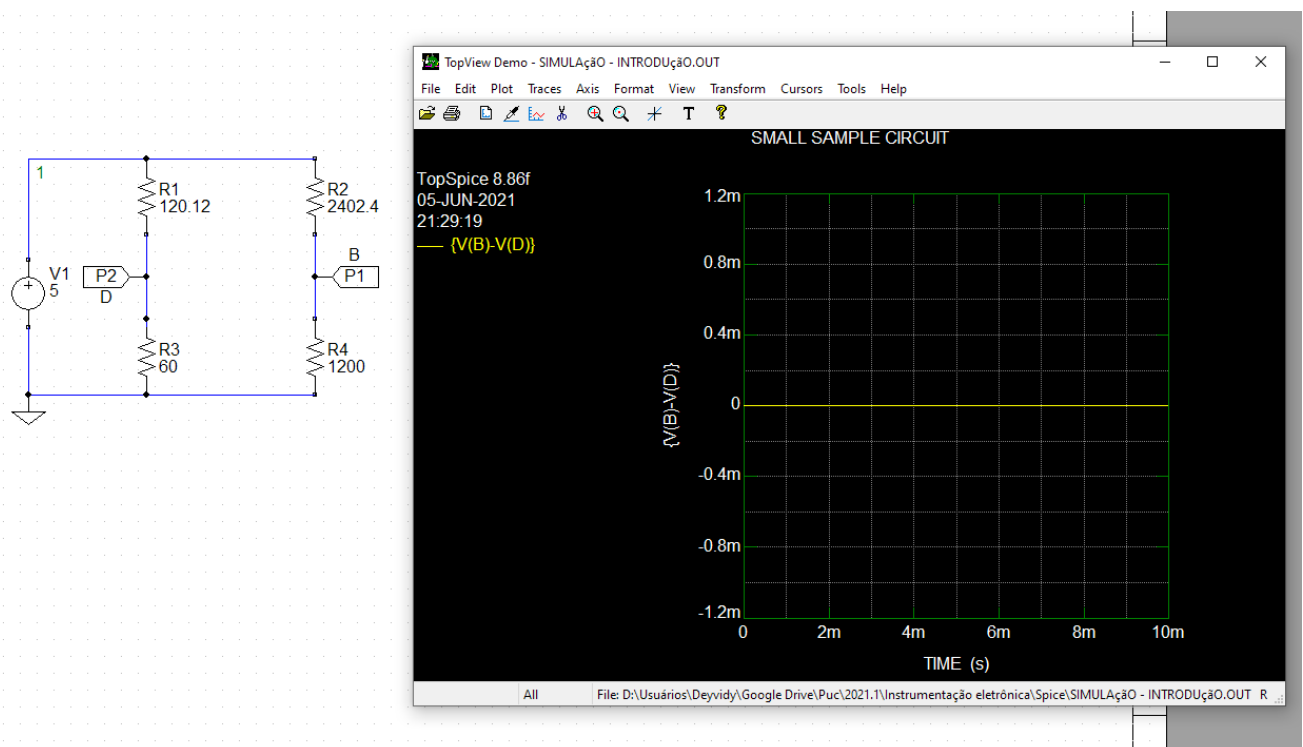
3º) Com  $R_a$  constante, estimar qual vai ser a variação de voltagem para uma resistência  $R_d$  arbitrária

$$V_{BDmax} = 5,0 \left( \frac{1200}{3600} - \frac{60}{60+120+0,12} \right) = 1,11mV$$

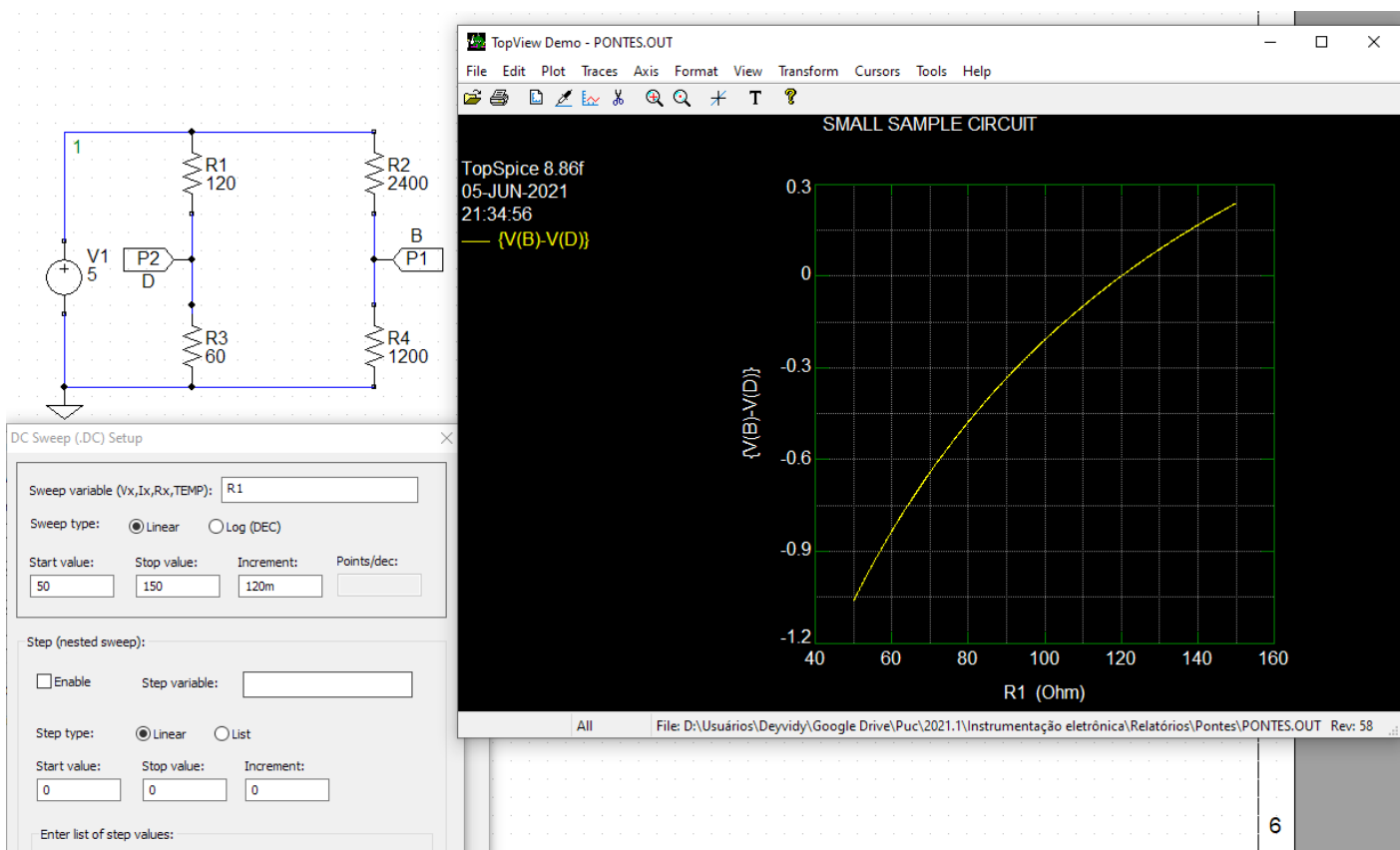
4º) Comparar cálculos teóricos com simulações usando o TopSpice, para os dois modos de operação:



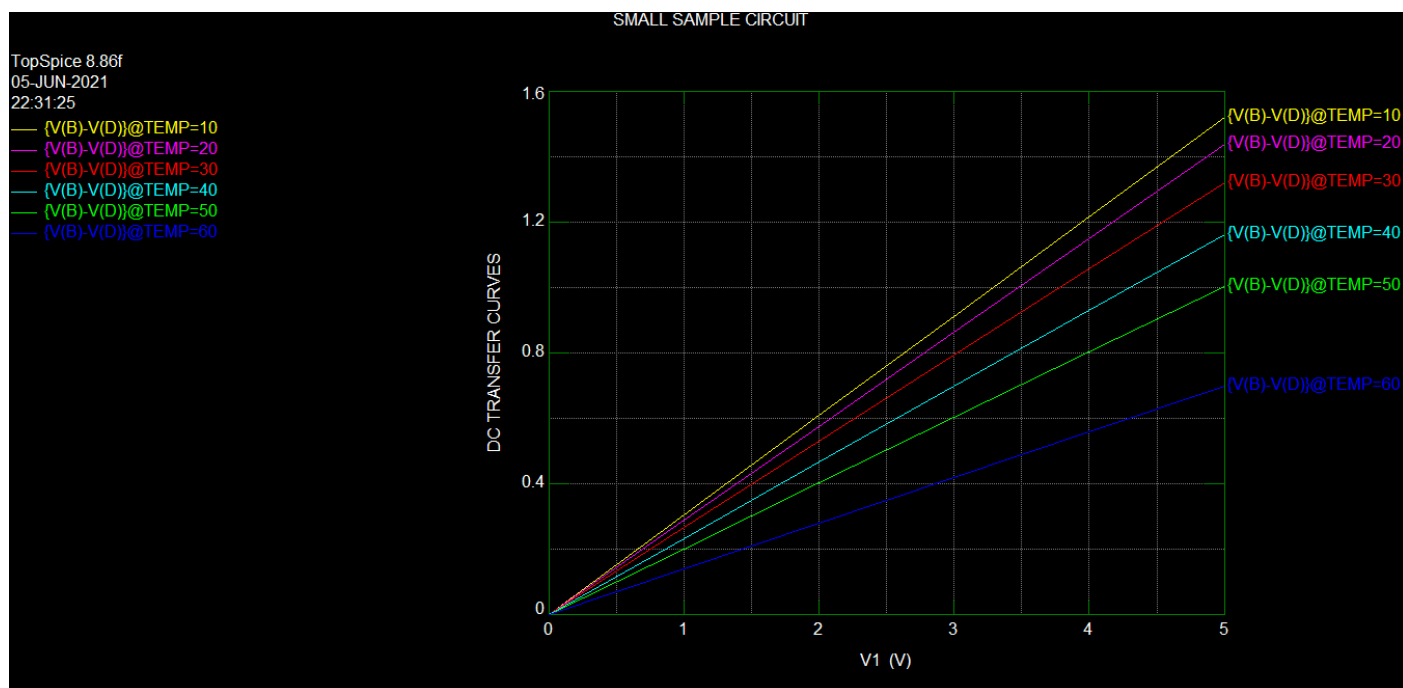
a) Detecção de nulo. Demonstrar sensibilidade



b) Por deflexão. Demonstrar sensibilidade do circuito



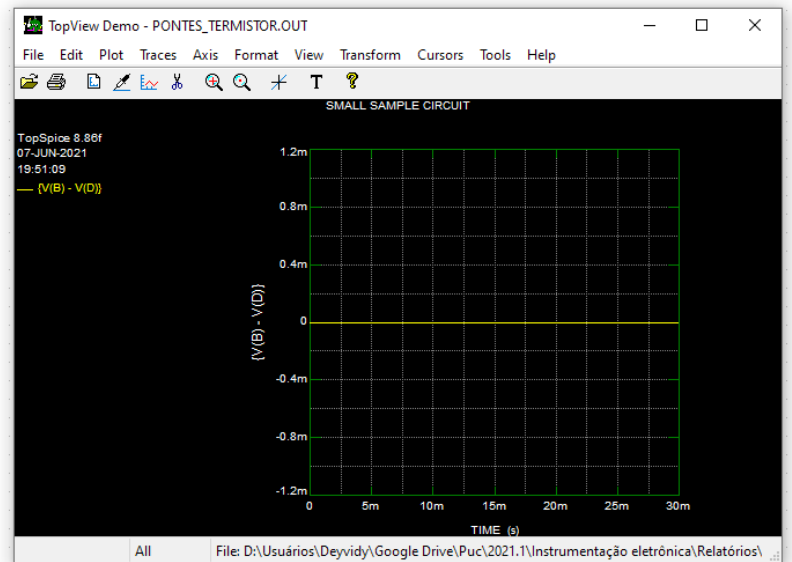
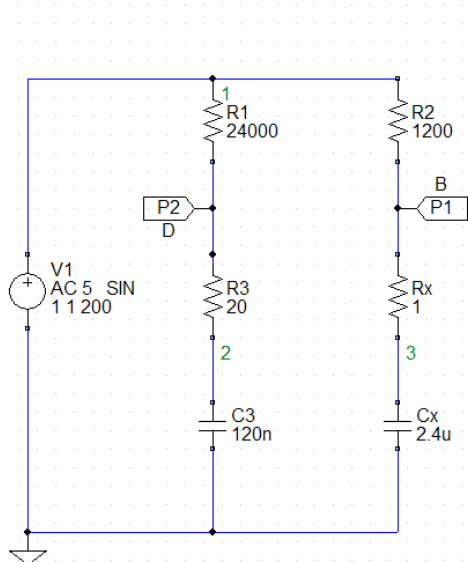
5º) Na montagem feita no TopSpice, substitua o Strain Gauge por um Termistor e simule a variação de temperatura na faixa entre 10 e 60°C. Verificar a resposta do circuito



No gráfico é possível verificar as variações de  $V_{BD}$  com V de acordo com a temperatura registrada no termistor.

Percebe-se nitidamente que o aumento da temperatura diminui a DDP entre B e D.

6º) Faça uma montagem de ponte de WheatStone para medição de capacitâncias, conforme slides do curso. Defina um conjunto Capacitor com resistência interna a ser medido (chutar valores, lembrando que as resistências internas são tipicamente baixas). Mostre como é feita a medição iterativa com esse circuito (variar resistências e mostrar como VBD diminui até que se atinge um ponto a partir do qual qualquer variação das resistências ajustáveis causa um aumento na tensão VBD).



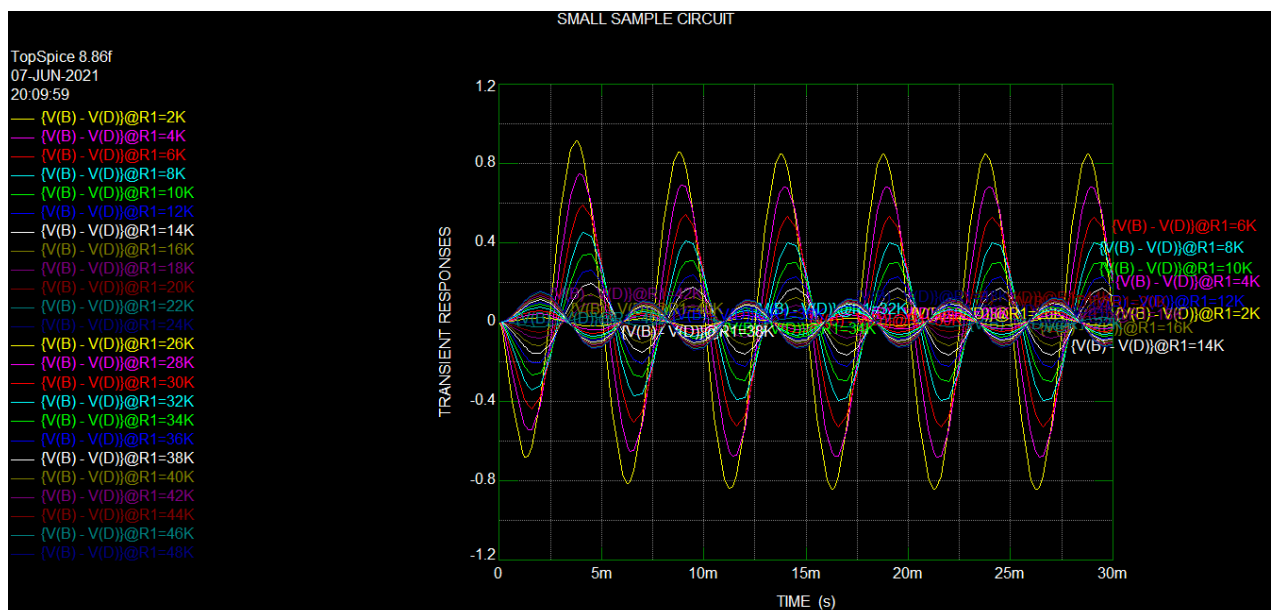
$$Z1Zx = Z2Z3$$

$$R1Rx + \frac{R1}{j\omega Cx} = R2R3 + \frac{R2}{j\omega C3}$$

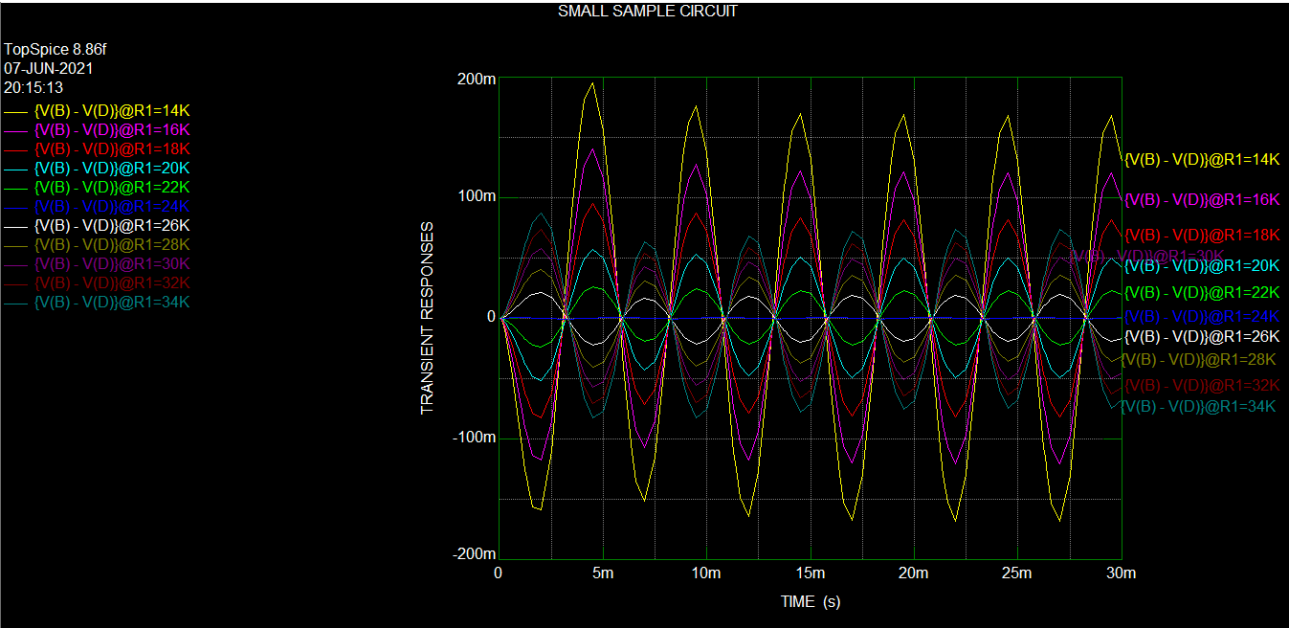
$$Rx = \frac{R2R3}{R1} \rightarrow Rx = 1\Omega \rightarrow \text{equilibrado}$$

$$Cx = \frac{R1}{R2} x C3 \rightarrow Cx = 2.4\mu C \rightarrow \text{equilibrado}$$

Começando a variar R1 de 2kΩ a 48kΩ com passo de 2kΩ ao alterar R3 para 5Ω para manter o equilíbrio do sistema, foram encontrados os seguintes valores de V<sub>BD</sub>.

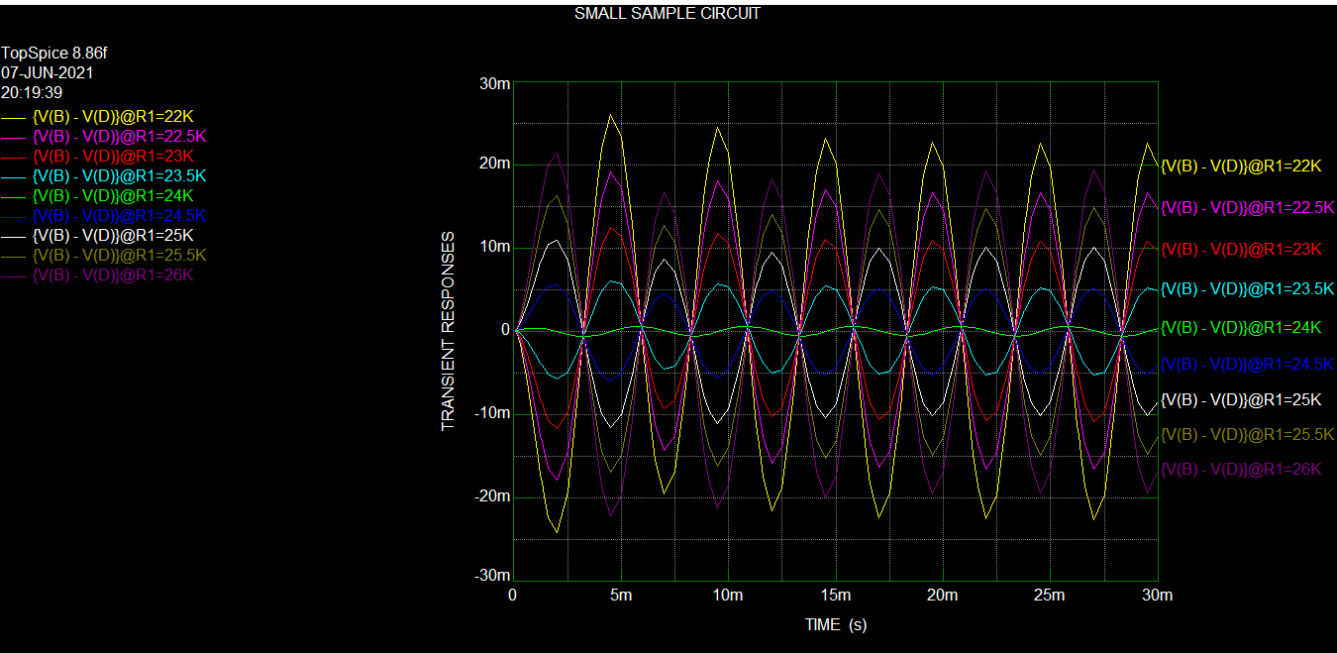


Sendo assim diminuindo o espectro de variação de R1 de 14kΩ a 34kΩ e mantendo o mesmo passo, o seguinte gráfico foi exibido

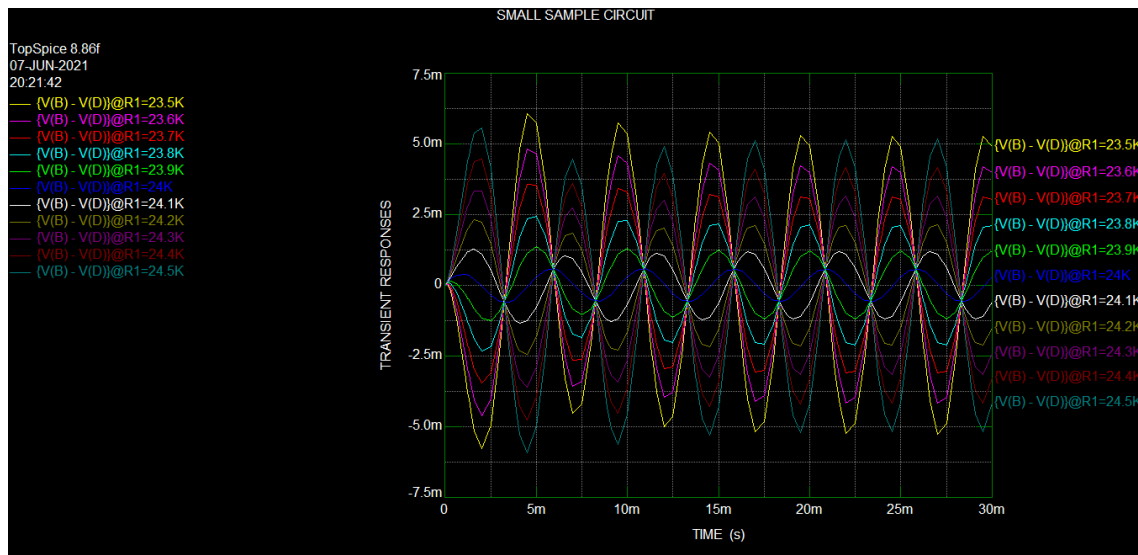


]

Restringindo novamente o espectro para 22kΩ a 26kΩ com passo de 500Ω foi obtido



Restringindo novamente o espectro para 23,5kΩ a 24,5kΩ com passo de 100Ω foi obtido



Assim, é possível concluir que 24KΩ continuou sendo o valor de menor  $V_{BD}$ .

E também foi constatado que partir deste valor, qualquer variação de R1, sendo para valores menores ou maiores de resistência, acarretará em um aumento de  $V_{BD}$ .