

O experimento “Medidas com Osciloscópio” tem o intuito de verificar o comportamento de sinais periódicos da tensão em circuitos com resistores, capacitores, diodos e LED. Para tanto, utilizaremos gerador de funções, osciloscópio, resistores de $1K\Omega$ (R1) e $4,7K\Omega$ (R2), capacitor de $47nF$, LED e diodo de silício. Devemos primeiro construir o circuito A que consiste em gerador de funções, resistores de $1K\Omega$ e $4,7K\Omega$ e osciloscópio. Com canal 1 ligado ao terminal do resistor R1 e canal 2 ligado ao terminal R2 – temos um divisor de tensões. Então, para o circuito B, trocamos o resistor R1 pelo diodo e verificamos o comportamento. No circuito C, retiramos o diodo e inserimos o capacitor de $47nF$ – iremos variar a frequência(f) de $1Hz$ até $1MHz$. Por fim, no circuito D trocamos o capacitor pelo LED para observarmos o comportamento do LED conforme o aumento da frequência e a mudança dos sinais – funções quadrada, seno e triangular.

Antes de iniciar os experimentos, fizemos simulações no Tinkercad para os circuitos A, B e C – anexos I, II, III, IV e V. Para o divisor de tensões do circuito A, quando o gerador de funções está definido para $f = 100Hz$, $A = 4V$, deslocamento $CC = 0V$ e função seno, no canal 1 temos $A = 2V$ e período $T = 10ms$. Para o canal 2 temos $A = 330mV$ e $T = 10ms$. Não há diferença de fase entre os canais.

Para o circuito B ($f = 100Hz$, $A = 8V$, função seno e deslocamento $CC = 0V$), obtivemos no canal 1 $A = 3,2V$ e $T = 10ms$. Para o canal 2 temos que quando a tensão deveria ser negativa, ela é zero – diodo impede a passagem de corrente na polarização inversa. Quando a tensão é positiva ($-0,07T < t < 0,47T$), a amplitude = $3,2V$ e $T = 10ms$. Notamos que há diferença de fase entre os canais.

Para o circuito C ($f = 10Hz$, $A = 4V$, função seno e deslocamento $CC = 0V$), o canal 1 apresentou $T = 100ms$ e $A = 2V$. Para o canal 2 tivemos $T = 100ms$ e $A = 6mV$, há uma pequena diferença de fase. Alterando a frequência no gerador de funções para $1kHz$, temos: $A = 2V$ e $T = 1ms$ para canal 1; $0,6V$ e período de $1ms$ para canal 2, mínima diferença de fase. Fazendo a frequência ser de $300kHz$, obtemos: $A = 2V$ e $T = 3,33\mu s$ para canal 1; para canal 2 temos $A = 2V$ e $T = 3,33\mu s$. Não notamos diferença de fase.

Iniciado o experimento, deixamos tensão (V_{pp}) = $4v$ e $f = 100Hz$ no gerador de funções para o circuito A. Para o canal 1, $A = (2,04V \pm 0,09)V$ e $f = (200 \pm 6)Hz$, com tais dados e usando a fórmula $V = A \cdot \sin(\omega t + \phi_0)$, temos: $V = 2,04 \cdot \sin(200\pi t + 0,03\pi)$. Para o canal 2: $A = (0,35 \pm 0,01)V$, $f = (200 \pm 6)Hz$, $V = 0,350\sin(200\pi t + 0,03\pi)$. Comparando as expressões, observamos que estão em fase, adotamos a incerteza da diferença de fase como seu valor, $\phi = 0,002\pi rad$. O divisor de tensões resistivo provocou queda na amplitude do canal 2.

Ainda, sabendo a amplitude do canal 1 e os valores de resistência de R1 e R2, fomos em busca da amplitude para o canal 2 – cálculos nos anexos. Chegamos em um valor de amplitude igual a $(0,35 \pm 0,02)V$. Utilizando uma medição mais direta da amplitude – valor fornecido pelo osciloscópio – temos: $(0,35 \pm 0,01)V$. Logo, os valores coincidem no intervalo das incertezas. Os valores das simulações também se mostraram muito próximos.

Fizemos a comparação do valor da tensão fornecido pelo multímetro e pelo osciloscópio: calculamos $V_p = \frac{V_{RMS}}{0,707}$ e comparamos seu valor com sua respectiva incerteza com os valores de A1 e A2; $V_{p1} = (1,991 \pm 0,009)V$ e $A1 = (2,04 \pm 0,09)V$; $V_{p2} = (0,342 \pm 0,004)V$ e $A2 = ((0,35 \pm 0,02)V$. Comparando os valores com os intervalos de incerteza, temos que os valores coincidem – a incerteza do osciloscópio é muito maior para a tensão.

Para o circuito B, utilizando $f = 100Hz$ e $V_{pp} = 4V$, temos: para o canal 1, $A = (3,8 \pm 0,2)V$, $f = (200 \pm 6)Hz$ e $V = 3,84\sin(200\pi t + 0,01\pi)$; para o canal 2, quando as tensões deveriam ser negativas, a tensão é nula, já que o diodo evita a passagem de corrente na polarização inversa; para tensões positivas a partir de um valor característico do diodo, a tensão no osciloscópio começa a aumentar. No intervalo das tensões positivas $0,0007T < t < 0,0478T$, $A = (3,28 \pm 0,1)V$, $f = (200 \pm 6)Hz$ e $V = 3,28\sin(200\pi t + 0,01\pi)$. Para $0 \leq t \leq 0,007T$ ou $0,0478T \leq t \leq T$, $V = 0$. Comparando as expressões temos que estão em fase e utilizamos a incerteza como valor da diferença de fase, $\phi = 0,002\pi rad$. Os valores das simulações se mostraram coerentes frente aos resultados experimentais, porém não notamos diferença de fase.

Para o circuito C, utilizando $f = 10Hz$ e $V_{pp} = 4V$, temos: para canal 1, $A = (2,04 \pm 0,09)V$, $f = (20,0 \pm 0,6)Hz$ e $V = 2,04sen(20\pi t + 0,02\pi)$; para canal 2, $A = (0,007 \pm 0,003)V$, $f = (19,9 \pm 0,6)Hz$ e $V = 0,007sen(20\pi t + 0,47\pi)$. Analisando os dados, observamos que há uma diferença de fase entre os canais, $\phi = (0,45\pi \pm 0,03\pi)rad$. A simulação se mostrou condizente.

Para $f = 1kHz$: canal 1, $A = (2,04 \pm 0,09)V$, $f = ((200 \pm 6)kHz)$ e $V = 2,04sen(2000\pi t + 0,026\pi)$; canal 2, $A = (0,61 \pm 0,02)V$, $f = (200 \pm 6)kHz$ e $V = 0,61sen(2000\pi t + 0,43\pi)$. A diferença de fase é $\phi = (0,40\pi \pm 0,02\pi)rad$ - semelhante à simulação.

Por fim, para $f = 300kHz$: canal 1, $A = (1,96 \pm 0,09)V$, $f = (600 \pm 6)kHz$ e $V = 1,96sen(600000\pi t + 0,048\pi)$; canal 2, $A = (1,92 \pm 0,09)V$, $f = (600 \pm 6)kHz$ e $V = 1,92sen(600000\pi t + 0,069\pi)$. A diferença de fase é $\phi = (0,021\pi \pm 0,003\pi)rad$. A simulação se mostrou bem próxima, porém não notamos a diferença de fase por ela ser bem pequena.

Analisando os resultados para as três frequências temos que para frequências de menor magnitude, o capacitor provoca forte atenuação do sinal - amplitude muito reduzida. Porém, ainda podemos ver o sinal, com muito ruído e com deslocamento temporal. O aumento da frequência torna o filtro menos eficiente, sendo que quando $f = 300kHz$, as amplitudes dos canais 1 e 2 são muito próximas.

Para o circuito D, deixando o gerador com $f = 100Hz$ e $V_{pp} = 8V$, obtivemos: canal 1, $A = (3,1 \pm 0,2)V$, $f = (200 \pm 6)Hz$ e $V = 3,1sen(200\pi t + 0,002\pi)$; para o canal 2, $A = (1,10 \pm 0,05)V$, $f = (200 \pm 6)Hz$ e $V = 1,1sen(200\pi t + 0,002\pi)$, quando $0,007T < t < 0,441T$. Para $0 < t < 0,007T$ ou $0,441T < t < T$, $V = 0$, o LED tem comportamento semelhante ao do diodo, a partir de determinado valor de tensão, o LED permite que a corrente passe. Verificando a diferença de fase, temos que estão em fase assim utilizamos a incerteza como valor, $\phi = (0,002\pi)rad$.

O aumento da frequência leva o LED a piscar cada vez mais rápido. Para frequências superiores a 40Hz não notamos mais o LED piscar. Ainda, comparando os tipos de ondas, temos as seguintes observações: para onda triangular, o LED acende e apaga mais rapidamente, e emite uma luz menos intensa; para onda quadrada, o LED demora mais para apagar e emite uma luz mais intensa; para a onda seno, o LED fica tempo um pouco menor aceso e apresenta um brilho menor na comparação com a onda quadrada.

Portanto, as simulações ficaram muito próximas dos resultados experimentais. Apenas o circuito B e C tiveram alguma divergência. Para o B, na simulação notamos uma diferença de fase, já no experimento não foi possível observar. Assim, aumentamos o tempo analisado na simulação - aumento do número de ondas - e chegamos em um comportamento igual ao do experimento. Logo, a diferença é mínima quando analisada em um conjunto de ondas. No circuito C para frequência $f = 300kHz$ não foi possível notar diferença de fase na simulação. No experimento, por outro lado, encontramos $\phi = 0,021\pi rad$, um valor diminuto e, por essa razão, não foi representado na simulação. Já no caso do LED, o formato das ondas interfere na duração em que o LED se mantém aceso e na intensidade de luz emitida. Ainda, o aumento da frequência nos leva a não mais identificar que o LED está piscando.