



**ESCOLA POLITÉCNICA DA UNIVERSIDADE DE  
SÃO PAULO**  
Departamento de Engenharia de Sistemas Eletrônicos



**PSI 3212 - LABORATÓRIO DE CIRCUITOS ELÉTRICOS**

## **GUIA DE EXPERIMENTOS**

### **EXPERIÊNCIA 05 - MEDIÇÃO DE SINAIS DC E AC UTILIZANDO MICROCONTROLADOR**

PROFS. ARIANA SERRANO E VITOR NASCIMENTO

1º SEMESTRE DE 2016

#### **Objetivos**

Adquirir conhecimentos básicos para utilizar o Kit NXP Freedom: verificar quais são suas interfaces e como programá-lo; fazer aquisição de, gerar e tratar sinais DC e AC.

#### **Materiais necessários para realização do experimento:**

- Osciloscópio + 2 pontas de prova
- Gerador de Funções
- Trafo de isolamento + adaptador para tomada;
- Multímetro

## PARTE EXPERIMENTAL

**Objetivos:** Conhecer o Kit NXP Freedom, sua interface com o computador, seus conectores, pinos de entrada e saída e como programá-lo.

Calcular valores eficazes através da programação do Kit NXP Freedom.

Sugerimos que utilize o computador no ambiente “Windows”.

Verifique que em sua placa estão montados os conectores (J1, J2, J9 e J10) apresentados na Figura 1. Caso não esteja, procure o professor para montar o que falta. Não esqueça de trazer o cabo USB para gravação com uma ponta tipo USB padrão A e outra ponta USB padrão mini-B.

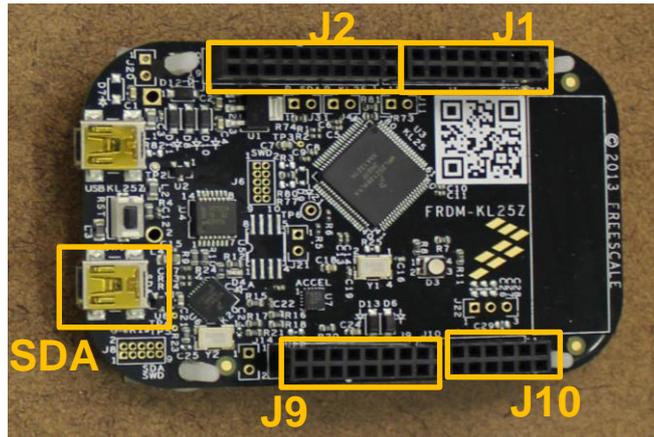


Figura 1: Placa com conectores montados.

Em todos os passos desta experiência, siga as instruções presentes no documento “Tutorial para Kit Freedom” conforme página indicada.

Conecte a placa do kit (pelo conector marcado “SDA”, na parte debaixo à esquerda na Figura 1) ao computador e o drive FRDM-KL25Z será automaticamente aberto (pág. 7).

Acesse o site da NXP (pág.8) para tirar dúvidas relacionadas à placa. Lá você acha todo tipo de documentação, drivers, compras e suporte.

Teste de gravação e execução de um programa: Em casa, você pode baixar do site (pág.9) e descompactar o arquivo “FRDM Quick Start Package FRDM-KL25Z\_QSP.zip”. Aqui no laboratório, esse arquivo já está salvo no diretório “Desktop/Freedom”. Grave na placa um dos programas da pasta “Precompiled Examples”. Para gravar, arraste qualquer arquivo com extensão .SREC para dentro do drive FRDM-KL25Z (pág. 10). Verifique o funcionamento destes exemplos de programa.

Programação “online” no MBED (pág. 11 e 12): Nesta etapa, **todos os alunos** do grupo devem:

- Acessar o site do MBED (<http://developer.mbed.org/>);
- Criar uma conta pessoal;
- Testar a programação “online” da placa com um programa exemplo do site MBED (ou pág. 12).

Agora, com a participação de todos, crie um programa novo no compilador do MBED. Não se esqueça de adicionar a biblioteca “mbed” (pág. 12).

Faça seu próprio programa ou inspire-se no exemplo do tutorial pág. 15, verificando as considerações da pág. 16. Modifique este programa para que o led varie de cor e mostre para o professor.

## Emulador de terminal

Vamos utilizar um programa que tenha como saída uma variável ou texto a ser exibido. Este texto vai ser exibido onde? Como vamos transmiti-lo para ser exibido?

Existem várias formas de visualizar um texto e nesta experiência vamos utilizar uma maneira fácil e simples: um emulador de terminal. O emulador de terminal utiliza uma porta serial virtual de comunicação entre o kit e o computador. Esta porta serial é virtual porque é emulada na porta USB que estamos utilizando.

Verifique se o driver para a porta serial virtual está instalado no seu computador (pág. 17). Caso não esteja:

- Instale o driver para a porta serial virtual (pág. 17) e depois o emulador de terminal “TeraTerm” (pág. 18 - 20).
- Utilize em seu programa o comando “printf” para testar e mostre para o professor.

## Geração de sinais

E se quisermos gerar um sinal variável no tempo? Podemos enviá-lo a um equipamento para vê-lo, como por exemplo, a um osciloscópio ou a um multímetro. Procure o pino de saída da placa para sinais analógicos “AnalogOut” (pág. 23 e 25). Esta interface “AnalogOut” coloca a tensão definida no código do programa no pino específico para isso (pág. 32 e 33).

Faça um programa para gerar um sinal periódico, verificando as limitações em tensão e frequência desta saída. Mostre para o professor.

**Atenção:** Note que, uma vez que você é capaz de gerar um sinal qualquer, você pode utilizar este sinal para testar seu programa nas diversas tarefas do projeto sem a necessidade de ir ao laboratório!

## Aquisição de sinais

Agora vamos fazer aquisição de um sinal analógico externo à placa. Programe o gerador de função tomando **cuidado de garantir que os limites de tensão e corrente** da placa sejam respeitados (pág. 21 - 22). Procure os pinos “AnalogIn” (pág. 23 e 25) que possibilitam esta aquisição. Como é feita essa aquisição? (pág. 26 - 30)

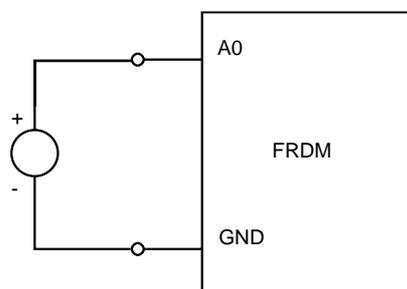


Figura 2: Entrada do conversor A/D para o canal A0.

Faça um programa para ler um sinal analógico (pág. 31) e como saída deve jogar para o terminal algumas características do sinal, conforme indicado abaixo. Faça diversas medidas em diferentes situações para validar seu programa e anote os dados no relatório.

**Não esqueça que** um engenheiro projetista precisa sempre saber qual é o resultado esperado para analisar se o que mediu está correto ou não, qual é o erro da medida, além de comparar com um equipamento de referência. Utilize tabelas para comparar seus resultados esperados e medidos.

### 1) Mostre para o professor: Programa para medida de tensão DC

- Cada vez que o botão de reset da placa for apertado, deve ser mostrado (no terminal ou no display) o valor da tensão medida pela placa, em volts.
- Para diminuir a incerteza das medidas, faça também um programa que apresente a média das últimas 1.000 amostras realizadas pela placa.
- Demonstre o funcionamento do seu programa comparando seus resultados com os de um equipamento de referência.

### 2) Mostre para o professor: Programa para medida de tensão AC

Abaixo, em “Sobre cálculo de valor eficaz”, colocamos alguns lembretes para você tratar seus dados.

- Faça um programa para medir tensão eficaz. Mostre claramente como você calculou o valor eficaz. Seu programa deve funcionar no mínimo para sinais senoidais com valor DC.
  - Demonstre o funcionamento do seu programa comparando seus resultados com os de um equipamento de referência.
  - Suponha que você tenha 20 períodos de uma senoide e queira calcular o seu valor eficaz pela integral. Você precisa achar com precisão os limites de um período para calcular a integral? Por quê? E se tiver 200 períodos?
- ❖ **Bônus:** se o programa for capaz de medir valores eficazes de formas de onda senoidais ou não.
- ❖ **DESAFIO:** um programa capaz de medir a potência média dissipada em um bipolo.

---

#### *Sobre cálculo de valor eficaz*

---

**Definição:** dada uma tensão  $v(t)$  periódica, seu valor médio (valor DC) e seu eficaz são definidos por

$$V_{DC} = \frac{1}{T} \int_0^T v(t) dt, \quad V_{ef} = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T v^2(t) dt}$$

em que  $T$  é o período do sinal (veja Figura 3).

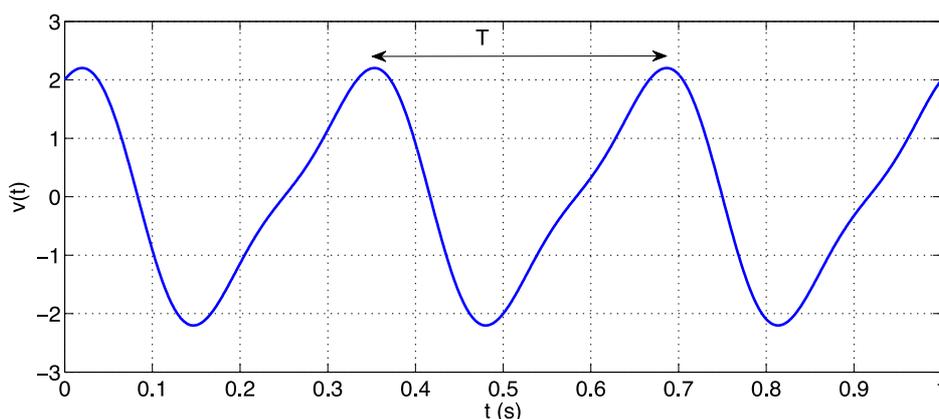


Figura 3: Exemplo de sinal periódico.

Para o caso de sinais senoidais, vale (confira!):

$$v(t) = A \cos(\omega t + \theta) \Rightarrow V_{ef} = \frac{A}{\sqrt{2}}, \quad V_{DC} = 0.$$

**IMPORTANTE!!!** se você somar um valor constante a um sinal de média nula, é fácil calcular o valor eficaz do novo sinal:

$v(t)$  é periódico com período  $T$  e tem média nula  $\rightarrow \frac{1}{T} \int_0^T v(t) dt = 0$ .

$$s(t) = v(t) + V_0 \Rightarrow S_{ef} = \sqrt{V_{ef}^2 + V_0^2}.$$

Isso ocorre porque

$$S_{ef}^2 = \frac{1}{T} \int_0^T s^2(t) dt = \frac{1}{T} \int_0^T (v(t) + V_0)^2 dt = \frac{1}{T} \int_0^T v^2(t) dt + 2V_0 \frac{1}{T} \int_0^T v(t) dt + V_0^2 = V_{ef}^2 + V_0^2.$$

Portanto, para um sinal senoidal com nível DC,  $v(t) = A \cos(\omega t + \theta) + V_0$ , quanto vale o valor eficaz?

### Como se pode calcular o valor eficaz de um sinal com a placa?

Se você souber que o sinal é senoidal com valor DC nulo, você pode achar o máximo e dividir por raiz de dois. Se você quiser trabalhar com um sinal geral, você pode calcular a integral.

### Como calcular a integral?

Aproximando! Existem vários algoritmos para calcular integrais numericamente (investigue!), mas o mais fácil é simplesmente amostrar o sinal e calcular as áreas como indicado na figura 2. Se a largura dos retângulos for suficientemente pequena, o erro no cálculo da integral é pequeno (você se lembra da definição de integral?)

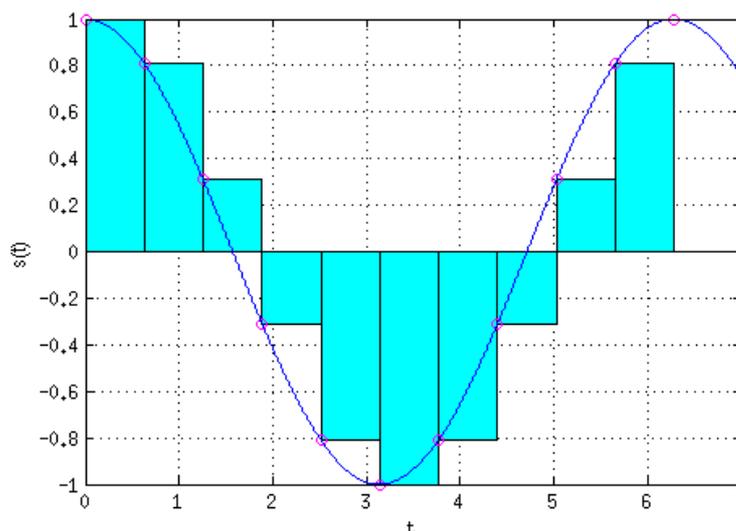


Figura 4: Cálculo da integral pela “regra do retângulo” (ou aproximação de Riemann).