PÓS-GRADUAÇÃO · UTFPR CURITIBA

Manual de laboratório de Sensores e Instrumentação

Prof. Eduardo N. dos Santos

Na primeira aula, você vai usar dois pontos de calibração para converter a leitura de um sensor de pressão em kPa. Depois, vai testar a calibração em outras três pressões para descobrir quanto a indicação se afasta da referência. Abra a aula 1 e selecione **Abrir projeto**.

Como fazer as atividades

1. **Execute o projeto como ele veio.** Na bancada, compile com F7 e execute com F5. Abra o **Terminal serial**. Guarde as linhas que o roteiro pede antes de editar o código.
2. **Faça a alteração da aula.** A seção **Desafio e entrega** indica o parâmetro a mudar e o que comparar. Anote o que espera que aconteça, recompile e repita a leitura.
3. **Registre os dois ensaios.** Volte à página da aula e abra o **Caderno de ensaio**. Coloque os resultados lado a lado, com as unidades. Ao terminar, use **Baixar relatório em HTML**.

Consulta por assunto

As dez aulas · Primeiro ensaio de calibração · Tempo e perda de amostras · Como preencher o caderno

PLANO DA DISCIPLINA

O que você vai medir em cada aula

Aula	Experimento	O que comparar
01	Calibração de pressão	Calcule a pressão indicada e o erro em três pontos. Repita com um deslocamento de 20 contagens.
02	Amostragem e aliasing	Amostre duas senoides a 10 e a 40 Hz. Em qual registro é possível distinguir a de 3 Hz da de 13 Hz?
03	Média móvel	Compare janelas de 1, 4 e 8 amostras. Meça a ondulação em regime e o tempo para atingir 50% do degrau.
04	Acelerômetro por I²C	Mantenha o MPU6050 na mesma inclinação e mude a faixa de ±2 g para ±4 g. Compare as contagens e a aceleração em mg.
05	Aquisição periódica	Aumente a carga da CPU. Meça a variação do intervalo entre leituras e conte as liberações perdidas.
06	Fila de amostras	Compare o descarte e a espera máxima com filas de 1, 4 e 8 posições.
07	Aquisição em blocos	Altere o tempo de processamento. Localize a primeira tentativa de reutilizar um banco que ainda está ocupado.
08	Alinhamento de dois canais	Compare os canais antes e depois de interpolar as leituras para o mesmo instante.
09	Telemetria e CRC	Envie a sequência com e sem falhas. Identifique o quadro rejeitado pelo CRC e os números ausentes na sequência aceita.
10	Monitoramento de vibração	Compare RMS e pico em janelas com vibração contínua, impacto e perda de amostra. Observe quando PC13 aciona o alarme.

AULA 1 · CALIBRAÇÃO

Como ler a primeira tabela da serial

O projeto fornece dois padrões de pressão. A 0 kPa, o conversor indica 400 contagens. A 160 kPa, indica 3.600. Nesse intervalo, cada contagem corresponde a 160 ÷ (3.600 − 400) = 0,050 kPa. Para converter uma leitura, subtraia 400 e multiplique por 0,050.

Faça a conta para uma das linhas

Procure a referência de 40 kPa no **Terminal serial**. Na configuração original, a leitura é de 1.204 contagens. A indicação é (1.204 − 400) × 0,050 = 40,20 kPa. O erro de indicação é a diferença entre essa pressão e a referência, portanto +0,20 kPa. Nas colunas com o sufixo `x100`, divida o número impresso por 100 para obter kPa.

Uma linha do ensaio de referência, já convertida para kPa

Referência	Leitura do ADC	Indicação	Erro
40,00 kPa	1.204 contagens	40,20 kPa	+0,20 kPa

Repita com o deslocamento

Em `main.c`, mude `DESLOCAMENTO_COUNTS` de 0 para 20. Antes de compilar, use a sensibilidade que acabou de calcular para prever a mudança na indicação. Repita o ensaio e confira a previsão nas referências de 40, 80 e 120 kPa. Use os três resultados para calcular o maior erro em módulo e seu percentual da faixa de 160 kPa.

A segunda tabela trata da saturação. Compare as entradas equivalentes a 4.200 e 4.600 contagens com o código que o ADC de 12 bits consegue registrar. Para completar a entrega, consulte na página da aula os dados do orçamento de incerteza e as instruções da extensão em placa.

> **Qual é a fonte desses dados?**
> No ensaio inicial, o firmware gera as leituras de referência. Se usar a extensão com potenciômetro, identifique o que mediu na placa em volts e contagens. A calibração de um transdutor de pressão físico exige pressões de referência aplicadas ao sensor.

AULAS 2 A 8 · AQUISIÇÃO

Onde procurar o tempo de cada amostra

Sinais e filtros

Nas aulas 2 e 3, use o instante que acompanha a amostra no CSV. Para ver a sua execução no gráfico da aula, copie a saída do terminal com o cabeçalho, cole-a em **Saída do Terminal serial (CSV)** e selecione **Traçar meus dados**.

Na aula 3, o degrau começa em 160 ms. Para medir o tempo de resposta de 50%, procure a primeira amostra filtrada que atinge 1.200 mV e subtraia 160 ms do instante dessa amostra. Faça a mesma leitura para cada janela do filtro.

Interrupção e leitura do pino

Na aula 5, cada borda de PB0 marca uma liberação periódica. PC13 muda quando o programa lê PA0. Em **Analisar sinais**, selecione PB0 e PC13. Com a captura congelada, marque uma liberação e a leitura correspondente. Esse intervalo é a espera até o atendimento. Para medir a variação entre leituras, use bordas consecutivas de PC13 e confira `max_us − min_us` na serial.

Fila e buffer duplo

Na aula 6, cada item é numerado. Espere a linha `FIM`, que fecha o lote depois que a fila esvazia. Anote quantos itens foram registrados ou descartados e por quanto tempo uma amostra chegou a esperar. Uma fila maior pode guardar mais itens e também aumentar essa espera.

Na aula 7, quatro amostras formam um bloco. Com 10 ms entre amostras, o primeiro bloco fica completo aos 30 ms e um novo bloco fica pronto a cada 40 ms. Acompanhe os bancos A e B para identificar qual ainda estava ocupado quando o produtor precisou dele outra vez.

Dois canais em instantes diferentes

Na aula 8, A e B recebem a mesma rampa. Para comparar B com A, use os horários de aquisição e as duas leituras de A que cercam a leitura de B. Compare a diferença antes e depois da interpolação.

RELATÓRIO DA AULA

Como preencher o caderno de ensaio

O caderno fica na página de cada aula. Abra **Desafio e entrega** para conferir quais dados e cálculos o exercício pede. Depois, use o botão **Caderno de ensaio** para registrar o ensaio original e o modificado.

Campo do caderno	O que escrever
Autor ou grupo	Identifique quem fez a atividade.
Bancada e fonte do sinal	Diga se usou o simulador ou a placa. Identifique a versão do projeto e a origem das amostras, como uma tabela gerada pelo firmware ou uma leitura do MPU6050.
Configuração e previsão	Informe o valor original e o valor que alterou. Na aula do filtro, por exemplo, identifique o tamanho da janela e o que espera que mude no tempo de resposta.
Medições e evidências	Transcreva as linhas da serial ou os valores medidos nos dois ensaios. Identifique as colunas e inclua as unidades. Em uma medição de tempo, indique os instantes usados na conta.
Interpretação e limites	Responda à pergunta da aula com os seus resultados. Se usar o simulador, identifique quais conclusões precisariam de uma medição na placa ou em um sensor físico.

Exportação

O texto digitado é guardado neste navegador. Selecione **Baixar relatório em HTML** e abra o arquivo para conferir a entrega. Para obter um PDF do seu relatório, use a opção de impressão do navegador com o HTML exportado aberto.