

Amplificador de precisão para Strain Gauge

Disciplina 1800318 - Laboratório de Projeto de Engenharia (2/2019)

Yago T. de Mello, Thiago F. Penteado
Thiago T. Oka, Arthur Rozinholi
Escola de Engenharia de São Carlos, USP

yago.mello@usp.br, thiago.penteado@usp.br, thiagooka@usp.br, arthur_rozinholi@usp.br



Resumo

Foi desenvolvido um circuito para leitura de *Strain Gauges* com alta precisão, resistência a ruído e variações térmicas. Apresenta ganho ajustável, permitindo ajuste de sensibilidade. Apresenta também limitadores de tensão para interfacear com conversores AD e microcontroladores.

Introdução

O *Strain Gauge* é um sensor que permite a leitura de esforços em uma estrutura. Esses esforços causam variações na resistência (elétrica) do sensor, que é convertida para uma diferença de tensão em uma *Ponte de Wheatstone*. A complicação nesse processo se dá na potência dos sinais, que possuem magnitude muito baixa, podendo sofrer interferências que efetivamente destroem o sinal.



Figura 1: Strain Gauge, obtido em [Wik]

As trilhas (em preto, na Figura 1) sofrem alterações no comprimento e na área quando sob tração ou compressão, o que leva a mudança na resistência elétrica do percurso.

Objetivos principais

1. Montar uma *ponte de Wheatstone* ajustável e resistente a ruídos.
2. Amplificar o sinal.
3. Identificar se está ocorrendo compressão ou tração.
4. Transformar o sinal em um valor apenas positivo.
5. Limitar/isolar o sinal para uma faixa de valores que o conversor AD aceita.
6. Fazer a leitura do sinal no conversor AD.

Descrição do Projeto

O projeto consistiu no desenvolvimento de todo o circuito de aquisição de dados do *Strain Gauge*, do software para o processamento dos dados e da comunicação via *I2C*. Foi usado o amplificador operacional OP07 e o amplificador de instrumentação INA125/INA114.

Configuração do Sistema Implementado

Alimentação

A parte analógica será alimentada simetricamente, com tensões maiores em módulo que a tensão da parte digital, permitindo assim que os amplificadores que não são *rail-to-rail* excursionem por todos os valores de tensão que o conversor AD aceita.

Sensores

Serão usados dois *Strain Gauges* para a medição, um deles colado à parte que se quer medir o esforço, o outro apenas de referência. Como a resistência sofre grande influência da temperatura, o uso dos dois sensores permite a construção de um circuito que depende apenas da razão entre eles, que por sua vez não depende da temperatura.

Cabos

Para a conexão do sensor com a eletrônica, decidiu-se usar cabos de par trançado, e se ainda houver ruído, os cabos serão enrolados em papel alumínio.

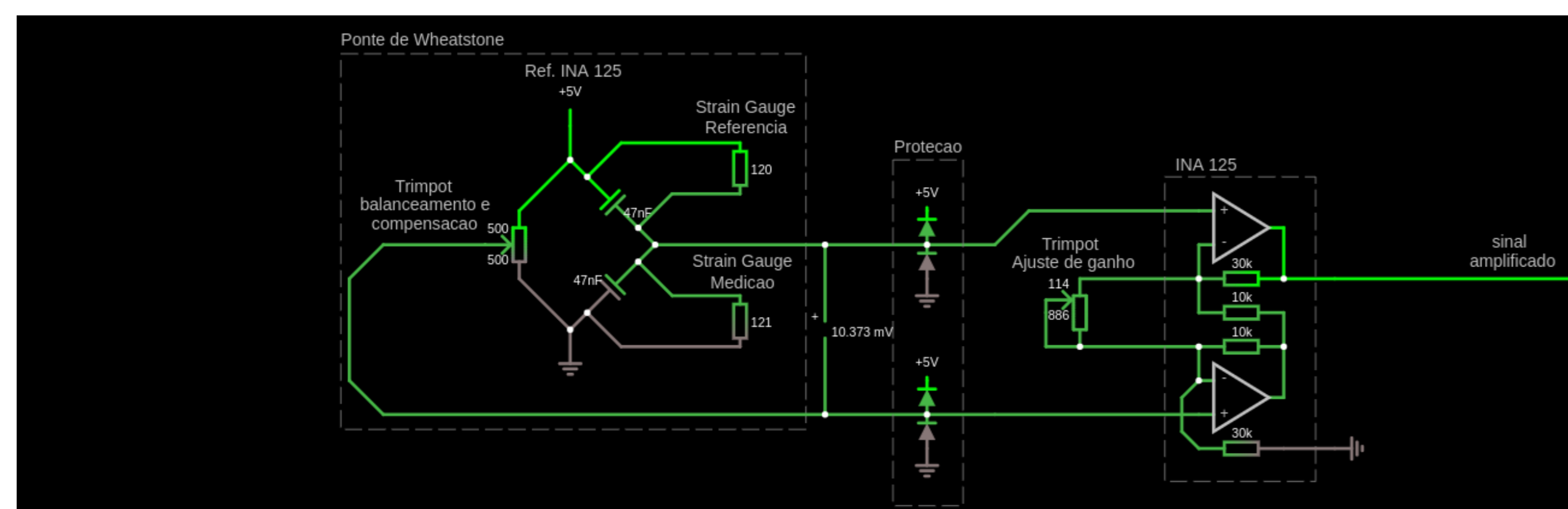


Figura 2: Ponte de *Wheatstone*, proteção e amplificação

Ponte de Wheatstone

O sinal dos cabos vai para uma *ponte de Wheatstone*. Em um dos lados da ponte entram os dois sensores e capacitores para redução de ruído, do outro lado tem-se um *trimpot* de múltiplas voltas, que será usado para balancear a ponte, compensando a diferença original das resistências dos dois sensores.

Proteção

O sinal que sai da ponte passa por diodos de proteção de sobretensão, para proteger o resto da eletrônica de possíveis descargas eletrostáticas.

Amplificação

Em seguida o sinal é amplificado por um amplificador de instrumentação. Essa topologia foi usada principalmente pela alta impedância de entrada, não carregando o sinal que é muito fraco e passa por caminhos de impedância diferente, e evitando assim o aparecimento de *offsets* na saída. O ganho do amplificador pode ser ajustado por um *trimpot* para que a sensibilidade do sistema seja adequada aos esforços esperados.

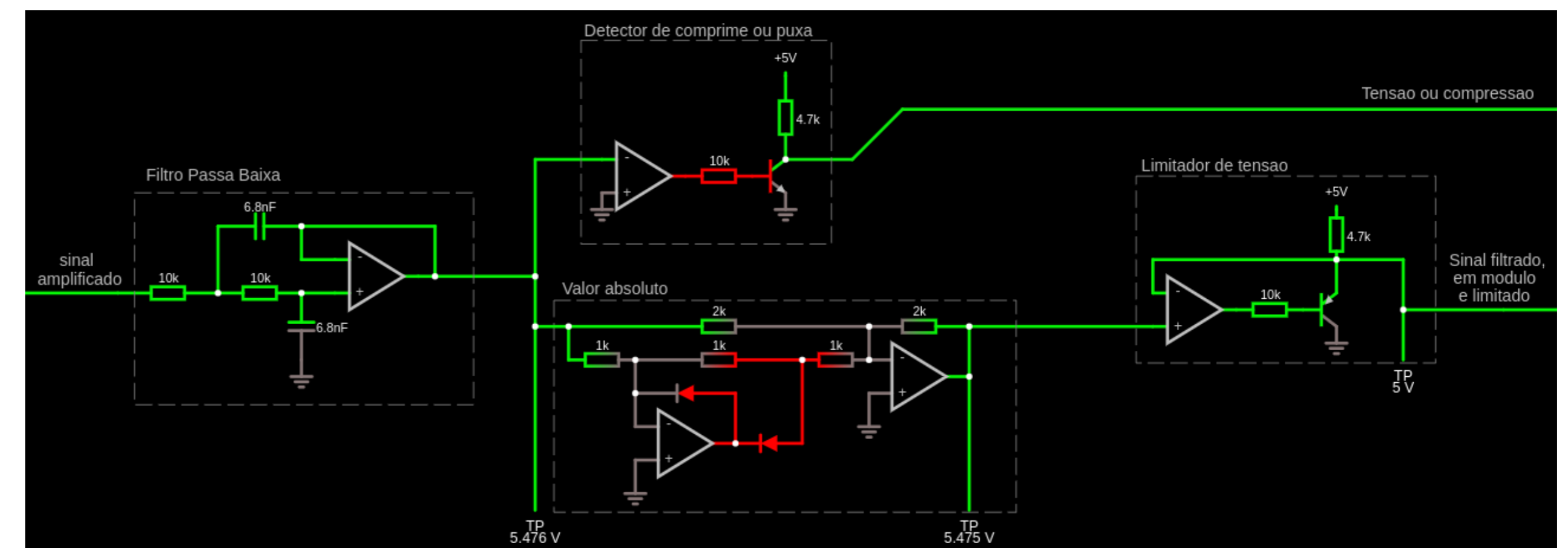


Figura 3: Filtragem, condicionamento e conversão

Filtragem

Para evitar possíveis amplificações de ruído, decidiu-se implementar um filtro passa baixa ativo de segunda ordem com topologia *Sallen-Key* e frequência de corte 2.4kHz. Ele também limita a banda que vai para o conversor AD, onde se optou por fazer a leitura com taxa de amostragem levemente superior à de Nyquist devido ao filtro não ser ideal.

Detecção de compressão ou tração

Para identificar se há compressão ou tração, o sinal filtrado é comparado com o *terra*. Esse sinal vai para um pino digital do microcontrolador, onde é lido. A topologia implementada limita o nível de tensão na saída para que não cheguem tensões elevadas ao microcontrolador.

Condicionamento do sinal

São usados amplificadores operacionais para calcular o módulo do sinal filtrado, e em seguida o sinal passa por um circuito de limitação de tensão para que não cheguem tensões elevadas ao microcontrolador.

Conversão

O sinal filtrado, em módulo e limitado chega ao conversor analógico digital do microcontrolador. O microcontrolador tem agendado o momento da leitura, que chama uma interrupção e joga o valor obtido para um *buffer* circular. Na hora de enviar os dados, é calculada a média dos valores do *buffer*, e o valor lido no detector de compressão ou tração entra como o sinal (positivo ou negativo) dos valores. O resultado é enviado por *I2C*.

Resultados

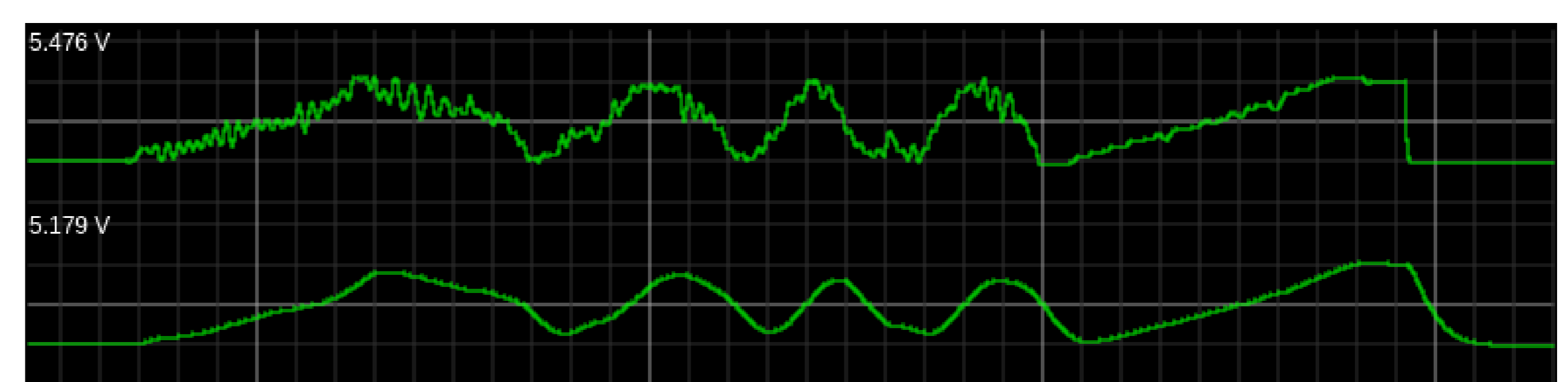


Figura 4: Sinal amplificado sem e com filtragem, 200us/div

Na parte de cima da Figura 4 tem-se o sinal pós amplificação não filtrado, enquanto na parte de baixo o sinal amplificado está filtrado.

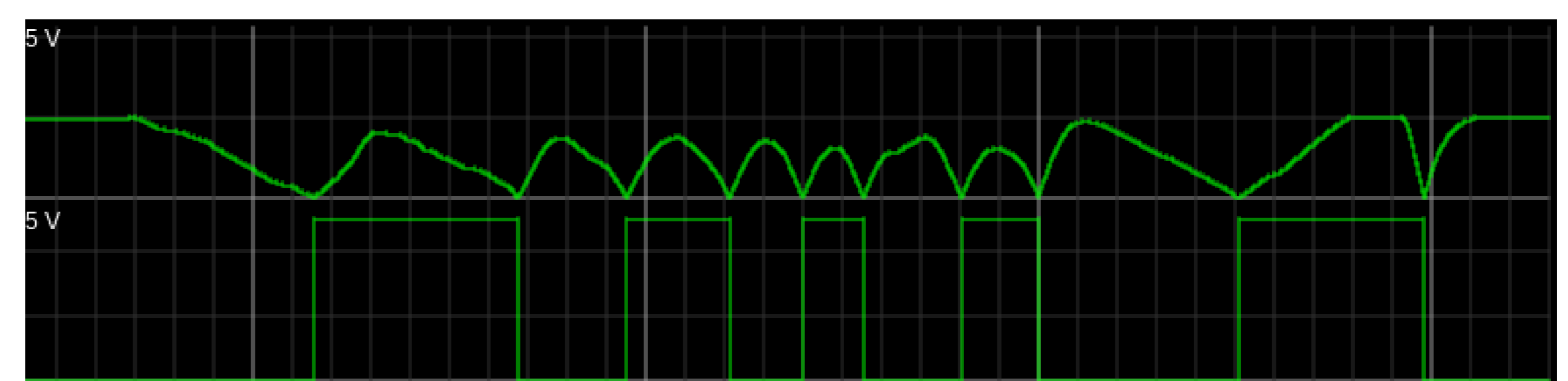


Figura 5: Entrada do conversor AD e Compressão/Tração, 200us/div

Na parte de cima da Figura 5 tem-se o sinal na entrada do conversor AD, o qual vai ser digitalizado, processado e enviado. A parte de baixo contém o sinal na entrada da porta digital do microcontrolador, indicando se está ocorrendo compressão ou tração.

Conclusões

O circuito conseguiu captar bem a variação na resistência dentro da faixa que o *Strain Gauge* opera, apresentando boa rejeição ao ruído, de acordo com as previsões teóricas.

Referências

[Wik] Wikipedia. *Strain gauge*. URL: https://en.wikipedia.org/wiki/Strain_gauge. (accessed: 2019.12.01).