
Laboratório de microcontroladores (ELTD13A)

Projeto avaliativo - Teclado musical

Gustavo Della colletta

Sumário

Introdução	2
Atividade	3
Avaliação	5

Introdução

Teclados musicais eletrônicos que utilizam ondas quadradas para gerar sons se destacam no mundo dos sintetizadores por seu som distinto e facilmente reconhecível. A onda quadrada é uma forma de onda simples, caracterizada por ter apenas dois estados de amplitude (alto e baixo) alternados de maneira rápida e periódica, criando uma sonoridade rica em harmônicos ímpares. Esse tipo de onda é particularmente popular em música eletrônica e jogos retro, pois produz sons brilhantes e “robóticos”.

Uma característica importante dos teclados que utilizam ondas quadradas é a possibilidade de ajustar o ciclo de trabalho (duty cycle) da onda. Ao alterar o ciclo de trabalho — ou seja, a proporção do tempo em que o sinal está no estado “alto” em relação ao estado “baixo” — é possível modificar o timbre do som gerado. Por exemplo, com um ciclo de trabalho de 50%, a onda quadrada tem um som mais “pleno”, enquanto valores menores ou maiores dão origem a sons mais “ocos” ou “nasais”. Essa flexibilidade torna os teclados com ondas quadradas especialmente versáteis na criação de texturas sonoras distintas e expressivas.

Diversos sistemas eletrônicos populares, especialmente de décadas passadas, exploraram o som único das ondas quadradas em suas trilhas sonoras e efeitos. Entre os mais conhecidos estão:

1. **Consoles de videogame clássicos:** O **Nintendo Entertainment System (NES)** e o **Game Boy** da Nintendo utilizavam principalmente ondas quadradas para gerar sons e músicas. Esses consoles usavam geradores de som integrados com capacidade limitada, e as ondas quadradas permitiam criar efeitos de áudio ricos em harmônicos, proporcionando trilhas sonoras memoráveis e distintos efeitos sonoros.
2. **Microcomputadores:** Nos anos 1980, muitos microcomputadores, como o **Commodore 64** e o **Atari 2600**, empregavam chips de som (como o SID, no caso do Commodore 64) que geravam sons com ondas quadradas. Esses sons foram amplamente usados em jogos e aplicações educacionais, conferindo a esses sistemas um som característico e marcante.
3. **Sintetizadores analógicos e digitais:** Muitos sintetizadores famosos, como o **Moog Prodigy** e o **Roland SH-101**, oferecem ondas quadradas como uma das formas de onda básicas. Essas ondas são usadas para criar sons de lead, baixo e efeitos sonoros distintos, explorando a modulação do ciclo de trabalho para variar o timbre e enriquecer a paleta sonora.
4. **Sistemas de Arcade:** Máquinas de arcade como **Pac-Man** e **Space Invaders** também empregaram ondas quadradas para seus efeitos sonoros e música de fundo. Esses sons rudimentares tornaram-se parte da identidade desses jogos, com efeitos de tiros, explosões e até trilhas musicais construídas em ondas quadradas.

Atividade

A figura 1 sugere um fluxograma para implementação de um teclado musical. Os procedimentos **Atualiza LCD**, **Identifica tecla**, **Toca nota** e **Atualiza escala e timbre** podem ser implementados através de sub-rotinas, uma vez que sua utilização se repete ao longo da utilização do teclado musical.

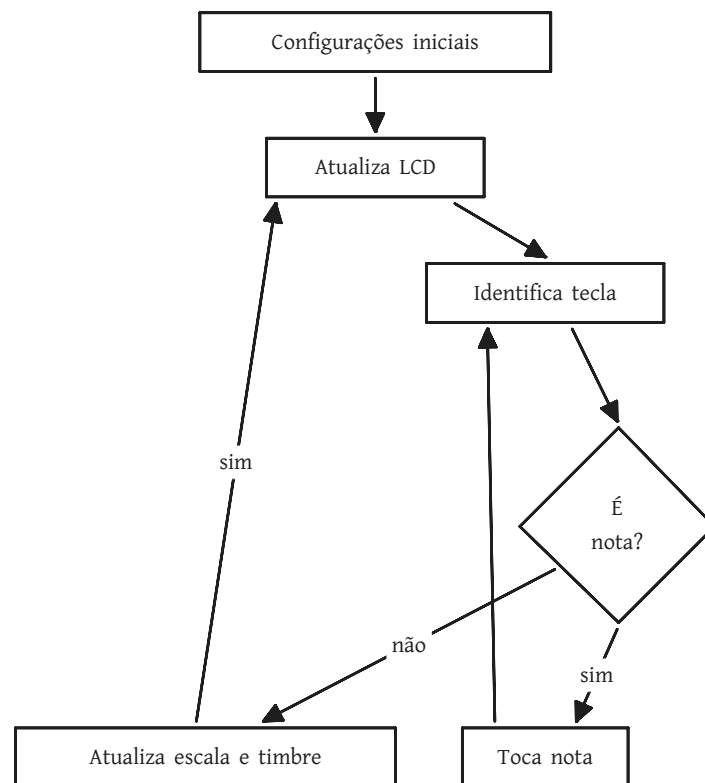


Figura 1: Fluxograma básico de implementação do teclado musical.

O teclado musical a ser implementado deve seguir as seguintes especificações:

1. Codificação em linguagem assembly.
2. As teclas **SW1** e **SW2** devem controlar a oitava musical selecionada, ou seja, a faixa de frequências que podem ser tocadas. Em implementações mais simples, **SW1** deve selecionar a primeira oitava enquanto **SW2** seleciona a segunda oitava. Caso sejam implementadas mais oitavas, **SW1** deve diminuir a oitava selecionada e **SW2** deve aumentar a oitava selecionada.
3. As teclas **SW3** e **SW4** devem controlar o timbre da nota musical, ou seja, o ciclo de trabalho das ondas quadradas que geram as notas musicais. Todas as notas devem utilizar o mesmo ciclo de trabalho selecionado. Assim, **SW3** deve diminuir o timbre em 5% enquanto **SW4** deve aumentar o timbre em 5%.

4. As outras teclas devem tocar as notas musicais da oitava selecionada, com exceção da tecla **SW12**.
5. A tecla **SW12** pode ser utilizada para a implementação de alguma funcionalidade adicional, como por exemplo, tocar um trecho de melodia programada ou acesso a um menu de configurações avançadas.
6. O potenciômetro deve ser utilizado para criar um efeito de *bending* ou *sliding*, que é na realidade um aumento progressivo da frequência da nota musical conforme o potenciômetro é acionado. Portanto, a nota musical, sem o efeito, acontece com o potenciômetro na posição mínima. Na posição máxima, o potenciômetro deve promover um aumento de um **tom**, ou seja, de uma nota. Por exemplo, partindo do potenciômetro na posição mínima e, pressionando-se a tecla C (Dó), e acioná-lo, até sua posição final, devemos escutar todos os sons (frequências) contidos entre as notas C(Dó) e D(Ré). Esse comportamento deve ser o mesmo para qualquer nota musical pressionada.
7. Durante toda a operação, o display LCD deve indicar ao menos a oitava e o timbre selecionado.

A tabela 1 mostra as frequências das duas oitavas musicais necessárias para se tocar uma melodia.

Tabela 1: Notas musicais e suas frequências e oitavas.

Nota	oitava 1	oitava 2	Descrição	Número da tecla
C	261,63	523,26	Dó	5
C#	277,18	554,36	Dó sustenido	13
D	293,66	587,32	Ré	6
D#	311,13	622,26	Ré sustenido	14
E	329,63	659,26	Mi	7
F	349,23	698,46	Fá	8
F#	369,99	739,98	Fá sustenido	15
G	391,99	783,98	Sol	9
G#	415,30	830,6	Sol sustenido	16
A	440,00	880	Lá	10
A#	466,16	932,32	Lá sustenido	17
B	493,88	987,76	Si	11

Avaliação

A avaliação consiste de 3 conceitos:

1. Funcional: Verificar se o teclado funciona de maneira apropriada, seguindo os especificações projeto.
2. Explicativo: Verificar o nível de compreensão do aluno através da explicação do código assembly, seguido por questionamentos direcionados a cada um dos membros da equipe.
3. Adicional: pontuação para a implementação de recursos adicionais ou melhorias do fluxograma básico sugerido.

A atribuição das notas será por comparação, ou seja, a melhor implementação / explicação receberá a maior nota.