



Universidade Federal de São Paulo
Instituto de Ciência e Tecnologia
Circuitos Digitais - Turma IB

Sistema de Detecção de Alucinações

Integrantes:

Davi de Oliveira Custódio - RA 176468
João Augusto Paixão Rocha - RA 176523
Ian Fernandes Matsukuma - RA 176517
João Pedro Soldera Snabaitis Markues - RA 176531
Docente responsável: Profa. Dra. Thaína A. A. Tosta

São José dos Campos
2025/1



Universidade Federal de São Paulo
Instituto de Ciência e Tecnologia
Circuitos Digitais - Turma IB

Sistema de Detecção de Alucinações

Primeiro relatório do projeto de Circuitos Digitais
(Turma IB) da Universidade Federal de São Paulo
para cumprimento dos requisitos de avaliação e aprovação
na disciplina.

São José dos Campos
2025/1

Conteúdo

1	Contextualização	2
2	Desenvolvimento	3
2.1	Sensores Utilizados	3
2.1.1	Sensor de Batimentos Cardíacos	3
2.1.2	Sensor de Presença	8
2.1.3	Sensor sonoro	11
2.2	Circuitos Periféricos	14
2.2.1	ULA	14
2.2.1.1	Comparador de Igualdade	16
2.2.1.2	Comparador de Maioridade	17
2.2.1.3	Circuito do Subtrator	18
2.2.1.4	Circuito do Somador	19
2.2.2	Circuito Verificador de Variação de Batimentos Cardíacos	20
2.2.3	Circuito Suavizador do Sensor de Presença	23
2.2.4	Circuito Verificador de Duração do Sensor Sonoro	25
3	Conclusão	28

1 Contextualização

Diante de uma sociedade cada vez mais afetada pela ansiedade e pelos transtornos psicológicos, a saúde mental torna-se um tema que deve ser discutido com mais atenção e cuidado. Por isso, nosso grupo pesquisou diferentes tipos de transtornos mentais que afetam jovens e adultos, buscando soluções que possam contribuir para que essas pessoas tenham uma vida cotidiana mais estável e funcional.

Entre esses transtornos, destacamos a esquizofrenia, uma das condições psiquiátricas que mais impacta negativamente o dia a dia de quem convive com ela. Seus principais sintomas incluem alucinações auditivas e visuais, episódios de ansiedade aguda, sensações de pânico e angústia, além do aumento da frequência cardíaca que pode variar entre 100 e 125 bpm durante uma crise. Estudos mostram que cerca de 60 % dos pacientes relatam medo ou pavor em relação às vozes ou ao conteúdo das alucinações (ALDERSON; WARD, 2022). O contato frequente com essas manifestações, especialmente quando ameaçadoras, costuma gerar sofrimento persistente, isolamento social e prejuízos no funcionamento diário e ocupacional. Diante desse cenário, desenvolvemos um dispositivo com o objetivo de auxiliar a pessoa diagnosticada com esquizofrenia a identificar e buscar ajuda profissional durante episódios de alucinação.

O dispositivo é composto por três sensores: cardíaco, sonoro e de presença. O sensor de frequência cardíaca monitora constantemente os batimentos do usuário. Caso os valores atinjam a faixa que pode indicar um possível episódio alucinatório, os outros dois sensores são acionados para realizar uma análise complementar do ambiente. O sensor sonoro verifica a presença de ruídos provenientes de outras pessoas no entorno, analisando os níveis de decibéis para distinguir entre o ruído ambiente comum e vozes humanas reais. O sensor de presença monitora a existência de crianças ou pessoas e assegura ao usuário que há algo ou alguém ali. Ao detectar batimentos cardíacos altos, falta de ruídos sonoros e falta de presença, ele ativa um sistema de alerta para possível alucinação. Além disso ele conta com um sistema que verifica um salto nos batimentos, seja por má leitura ou um pulo real, e informa ao paciente ou cuidadores da situação.

2 Desenvolvimento

O sistema consiste de 3 sensores: um sensor de batimentos cardíacos, que tem saída alta quando os batimentos estão entre 100-125 BPM; um sensor de presença, que tem saída alta quando o sensor detecta uma presença; e um sensor sonoro, que tem saída alta quando detecta som entre 50-61 dB.

2.1 Sensores Utilizados

2.1.1 Sensor de Batimentos Cardíacos

O sensor de batimentos cardíacos utilizado possui resolução de 4 bits, permitindo representar 16 valores distintos, cobrindo o intervalo de 96 a 127 BPM. Como cada valor binário representa um salto de 2 batimentos por minuto, o sensor mapeia os valores de entrada nos seguintes pontos: 96, 98, 100, ..., até 126 BPM.

Dessa forma, é possível identificar se o ritmo cardíaco da pessoa está dentro da faixa de interesse de forma mais compacta, associando cada combinação de bits a um intervalo de 2 BPM.

96 - 99 BPM — batimentos normais
100 - 125 BPM — batimentos altos
126 - 127 BPM — batimentos muito altos

Embora batimentos acima de 125 BPM possam parecer excessivos, eles são interpretados como possíveis efeitos de causas externas, como atividade física intensa, e não são considerados indicativos de alucinação.

Com base nessa lógica, a tabela verdade do sistema é construída da seguinte forma:

Saída baixa (0) para valores entre 96 e 99 BPM e 126 a 127 BPM
Saída alta (1) para valores entre 100 e 125 BPM

A seguir, apresenta-se a Tabela Verdade do sensor, considerando a codificação binária de 4 bits para saltos de 2 BPM:

Tabela 1: Tabela Verdade do Sensor de Batimentos Cardíacos (4 bits, 2 BPM por nível)

Decimal	Binário (S3 S2 S1 S0)	Intervalo de BPM	Saída
0	0000	96-97	0
1	0001	98-99	0
2	0010	100-101	1
3	0011	102-103	1
4	0100	104-105	1
5	0101	106-107	1
6	0110	108-109	1
7	0111	110-111	1
8	1000	112-113	1
9	1001	114-115	1
10	1010	116-117	1
11	1011	118-119	1
12	1100	120-121	1
13	1101	122-123	1
14	1110	124-125	1
15	1111	126-127	0

A partir dessa tabela, foi obtida a seguinte expressão booleana em Soma de Produtos (forma não simplificada):

$$S3'S2'S1S0' + S3'S2'S1S0 + S3'S2S1'S0' + S3'S2S1'S0 + S3'S2S1S0' + S3'S2S1S0 + S3S2'S1'S0' + S3S2'S1'S0 + S3S2'S1S0' + S3S2'S1S0 + S3S2S1'S0' + S3S2S1'S0 + S3S2S1S0'$$

Com base nessa expressão, o circuito lógico do sensor foi projetado conforme a Figura 1.

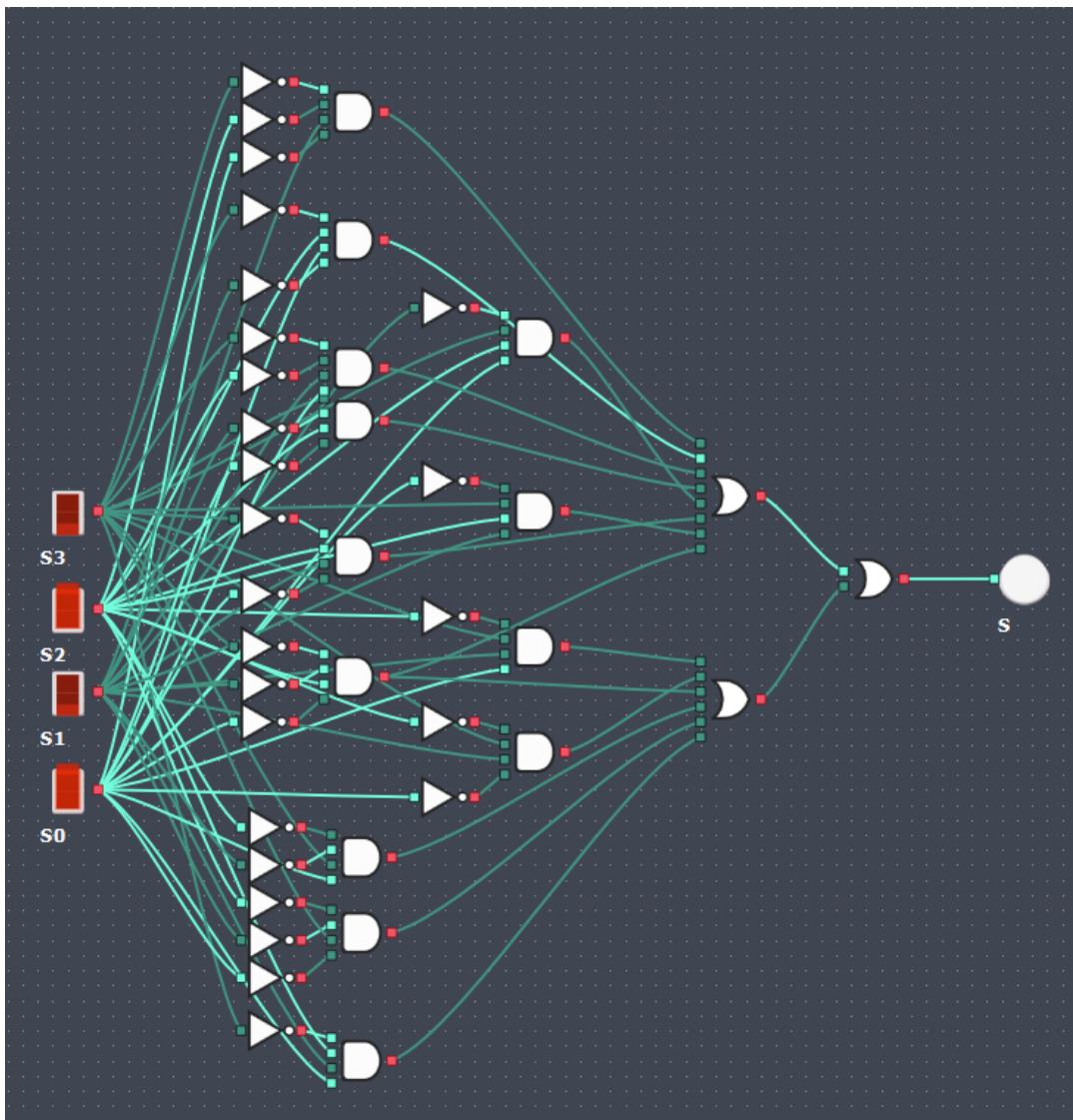


Figura 1: Circuito Desenhado

A forma de onda gerada pelo circuito, conforme ilustrado na Figura 2, mostra claramente os intervalos em que o sinal de saída está ativo.

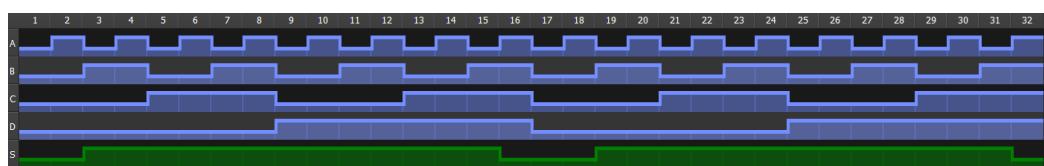


Figura 2: Forma de Onda do Circuito

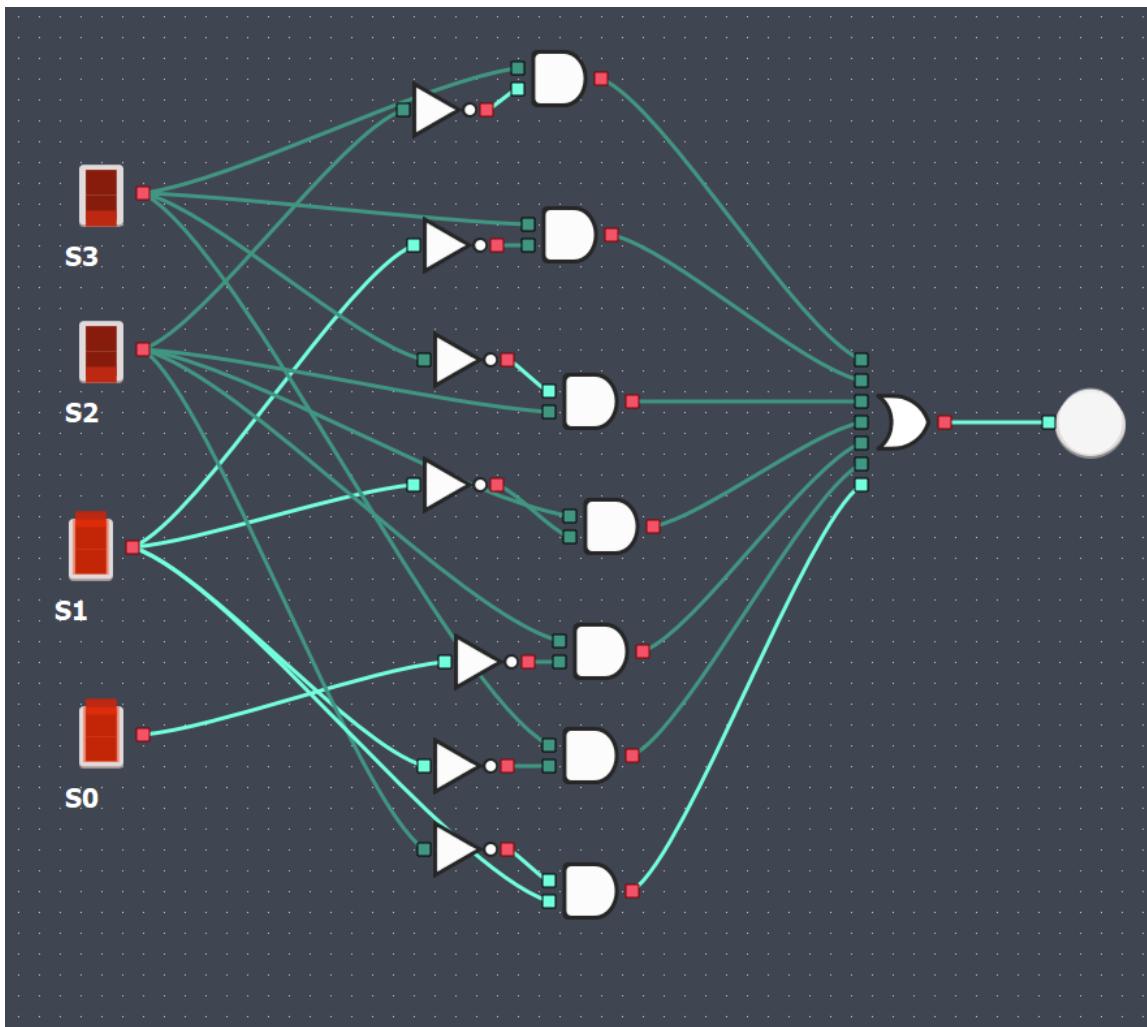


Figura 3: Circuito Desenhado

Através de simplificação por mapa de karnaugh, na Figura ,obtemos o circuito da Figura .

Simplificação por mapa de Karnaugh

	$S_3 S_2$	$S_3 \bar{S}_2$	$\bar{S}_3 S_2$	$\bar{S}_3 \bar{S}_2$
$S_1 S_0$	0	1 1		1
$S_1 \bar{S}_0$	0	1 1		1
$S_1 S_0$		1 1	0	1
$S_1 \bar{S}_0$		1 1	1	1

$$S_2 \bar{S}_1 + S_3 \bar{S}_2 + S_1 \bar{S}_0 + S_1 \bar{S}_3$$

Figura 4: Simplificacao Karnaugh

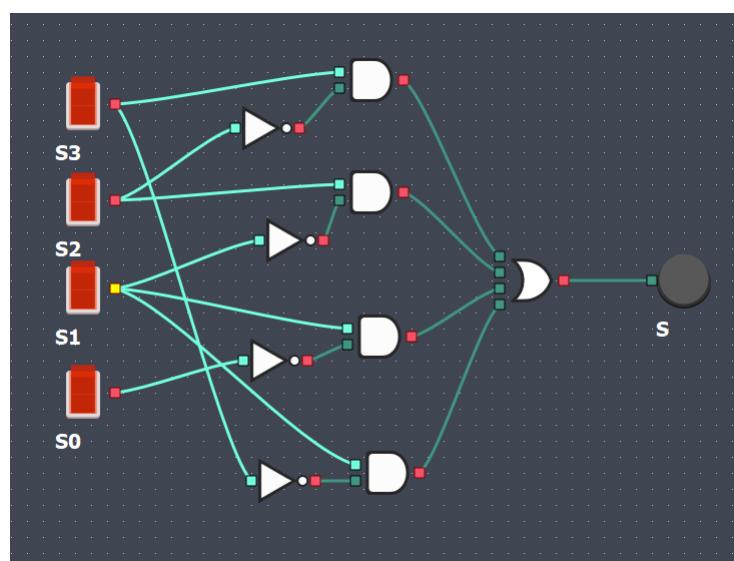


Figura 5: Circuito Desenhado

2.1.2 Sensor de Presença

O sensor de presença utilizado possui resolução de 3 bits, sendo capaz de representar 8 valores distintos, variando de 0 a 7 em decimal. Essa codificação permite classificar de forma simples e digital a presença de objetos com base no tamanho detectado.

O intervalo de detecção é interpretado da seguinte forma:

- 0 a 1 — não há nada detectado
- 2 a 3 — presença de algo pequeno (como uma criança, objeto leve etc.)
- 4 a 5 — presença de algo médio (como uma pessoa adulta)
- 6 a 7 — presença de algo grande (como um obstáculo grande ou uma parede)

Com base nesses critérios, define-se a saída lógica do sistema como:

Saída baixa (0) para as faixas onde não há nada (0–1) ou algo grande (6–7)
Saída alta (1) para as faixas onde há algo pequeno ou médio (2–5)

A seguir, apresenta-se a Tabela Verdade correspondente ao comportamento do sensor:

Tabela 2: Tabela Verdade do Sensor de Presença (3 bits)

Decimal	Binário (P ₂ P ₁ P ₀)	Saída
0	000	0
1	001	0
2	010	1
3	011	1
4	100	1
5	101	1
6	110	0
7	111	0

A partir dessa tabela, foi obtida a seguinte expressão booleana em Soma de Produtos (forma não simplificada):

$$P_2'P_1P_0' + P_2'P_1P_0 + P_2P_1'P_0' + P_2P_1'P_0$$

Com base nessa expressão, o circuito lógico do sensor foi projetado conforme a Figura .

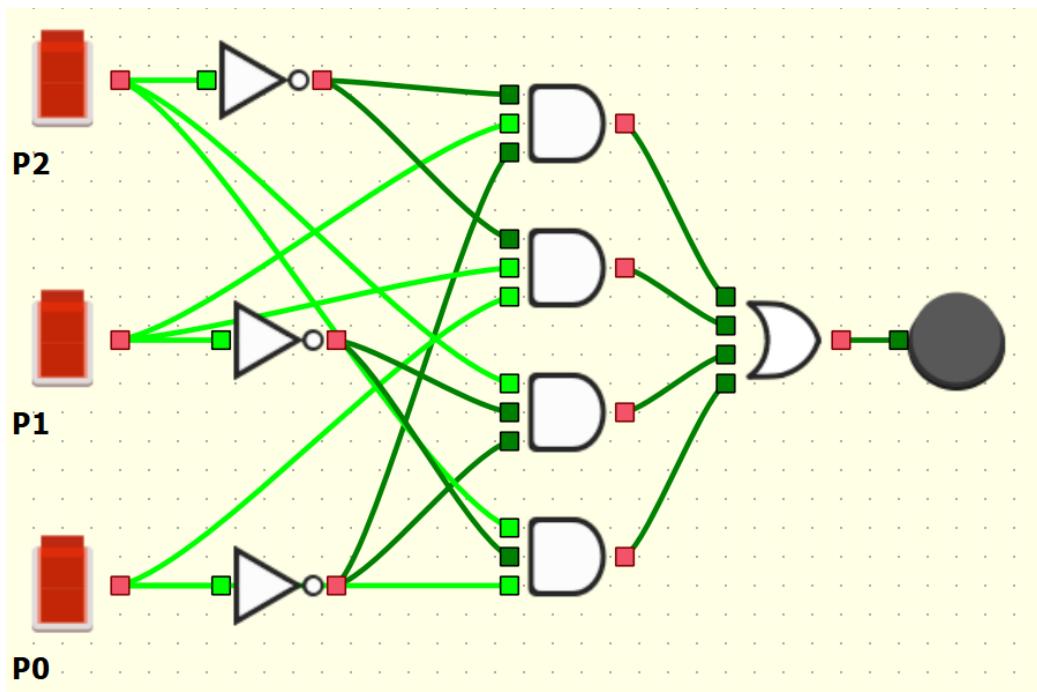


Figura 6: Circuito Desenhado

A forma de onda gerada pelo circuito, conforme ilustrado na Figura , mostra claramente os intervalos em que o sinal de saída está ativo.

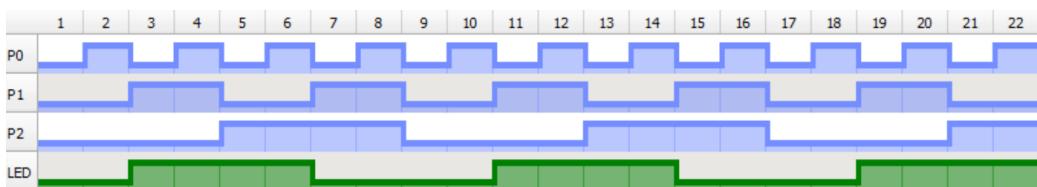


Figura 7: Circuito Desenhado

Através do método de simplificação na Figura obteve-se a expressão:
 $A \oplus B$

PRESença

$$\begin{array}{l}
 \bar{P}_2 P_1 P_0 X \quad X: \bar{\bar{P}}_2 \bar{P}_1 \bar{P}_0 + \bar{P}_2 \bar{P}_1 P_0 + P_2 \bar{P}_1 \bar{P}_0 + P_2 \bar{P}_1 P_0 = \\
 0 0 0 0 0 \\
 0 0 1 0 = \bar{\bar{P}}_2 \bar{P}_1 (\bar{P}_0 + P_0) + P_2 \bar{P}_1 (\bar{P}_0 + P_0) = \\
 0 1 0 1 \\
 0 1 1 1 = \bar{P}_2 P_1 + P_2 \bar{P}_1 = \\
 1 0 0 1 \\
 1 0 1 1 = \boxed{P_2 \oplus P_1} \\
 1 1 0 0 \\
 1 1 1 0
 \end{array}$$

$$\begin{array}{l}
 \bar{P}_2 \bar{P}_1 \bar{P}_0 \quad X: \bar{\bar{P}}_2 \bar{P}_1 + P_2 \bar{P}_1 = \boxed{P_2 \oplus P_1} \\
 \bar{P}_2 \bar{P}_1 0 0 \\
 \bar{P}_2 P_1 (1 1) \\
 P_2 P_1 0 0 \\
 P_2 \bar{P}_1 (1 1)
 \end{array}$$

Figura 8: Forma de Onda do Circuito

Demonstrada no circuito da figura .

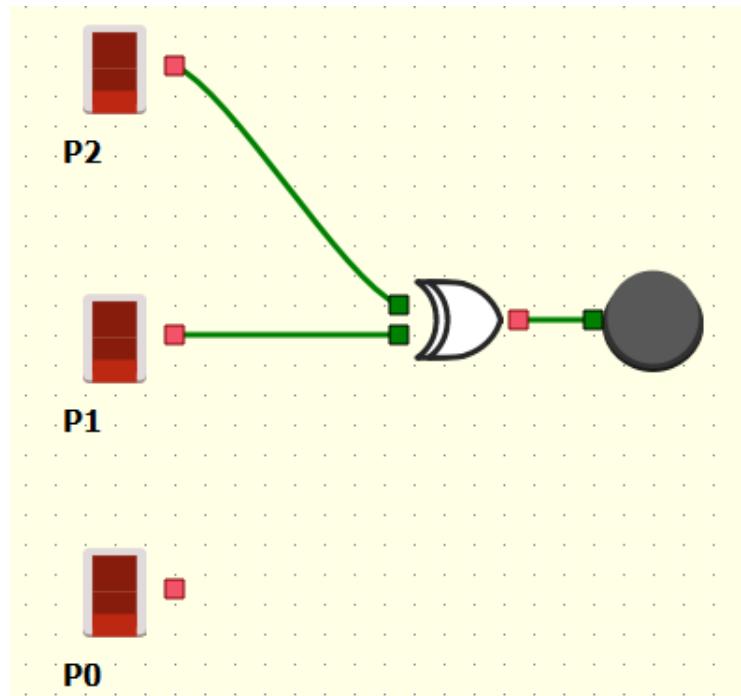


Figura 9: Circuito Desenhado

2.1.3 Sensor sonoro

O sensor sonoro utilizado possui resolução de 3 bits, permitindo representar 8 valores distintos, cobrindo diferentes faixas de intensidade sonora em decibéis (dB). Cada valor binário corresponde a uma faixa específica de decibéis, conforme a tabela a seguir:

0 – 6 dB
7 – 13 dB
14 – 20 dB
21 – 30 dB
31 – 40 dB
41 – 50 dB
51 – 60 dB
61+ dB

Dessa forma, o sensor é capaz de identificar de maneira compacta a intensidade do som ambiente, associando cada combinação de bits a uma faixa de dB predefinida.

Para este sistema, considera-se que sons com intensidade de até 20 dB (decibéis) estão dentro de uma faixa sensível e silenciosa, sendo interpretados como níveis onde a presença de som real é improvável. Nesse contexto, caso o sensor identifique atividade sonora nessa faixa, há uma suspeita de alucinação auditiva, pois não haveria estímulos sonoros reais detectáveis no ambiente.

Por outro lado, valores acima de 20 dB são classificados como níveis sonoros elevados, indicando que sons reais estão de fato presentes — como conversas, ruídos ou outros estímulos do ambiente. Assim, esses níveis não são tratados como indicativos de alucinação, pois confirmam que o som percebido possui uma origem física verificável.

Portanto, a saída do sistema será alta (1) apenas para intensidades de até 20 dB, representando uma possível alucinação auditiva. Para valores acima de 20 dB, a saída será baixa (0), indicando que os sons são reais e provenientes do ambiente externo.

Assim, a lógica de saída do sensor é definida da seguinte forma:

Saída alta (1) para valores entre 0 e 20 dB (níveis 0 a 2).

Saída baixa (0) para valores acima de 20 dB (níveis 3 a 7).

Com base nessa lógica, foi construída a Tabela Verdade do sensor, considerando a codificação binária de 3 bits:

Tabela 3: Tabela Verdade do Sensor Sonoro (3 bits, por faixa de dB)

Decimal	Binário (S2 S1 S0)	Intervalo (dB)	Saída
0	000	0 – 6	1
1	001	7 – 13	1
2	010	14 – 20	1
3	011	21 – 30	0
4	100	31 – 40	0
5	101	41 – 50	0
6	110	51 – 60	0
7	111	≥ 61	0

A partir dessa tabela, foi obtida a seguinte expressão booleana em Soma de Produtos (forma não simplificada):

$$S2'S1'S0 + S2'S1S0' + S2'S1S0$$

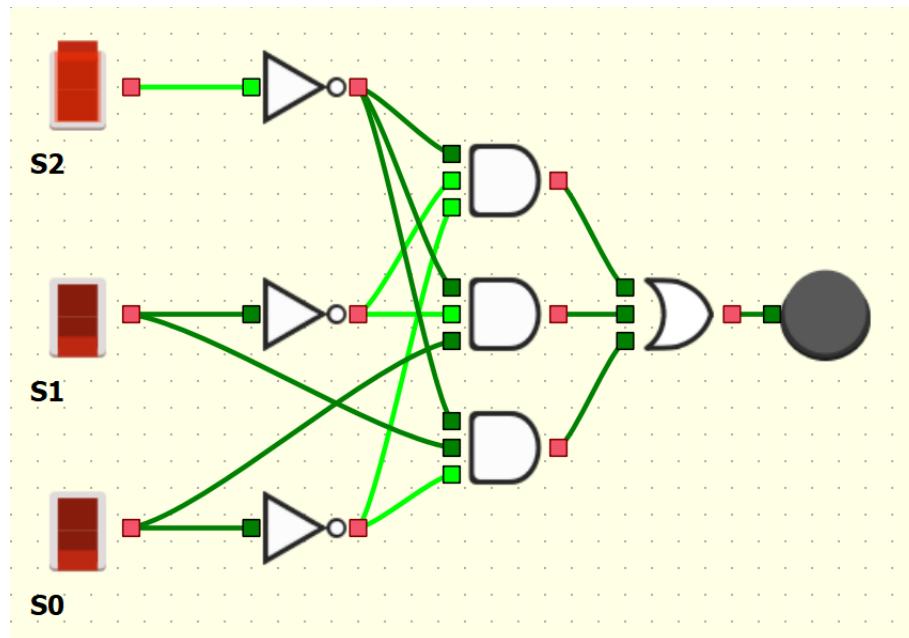


Figura 10: Circuito do Sensor Sonoro

Após a simplificação, obtemos o circuito:

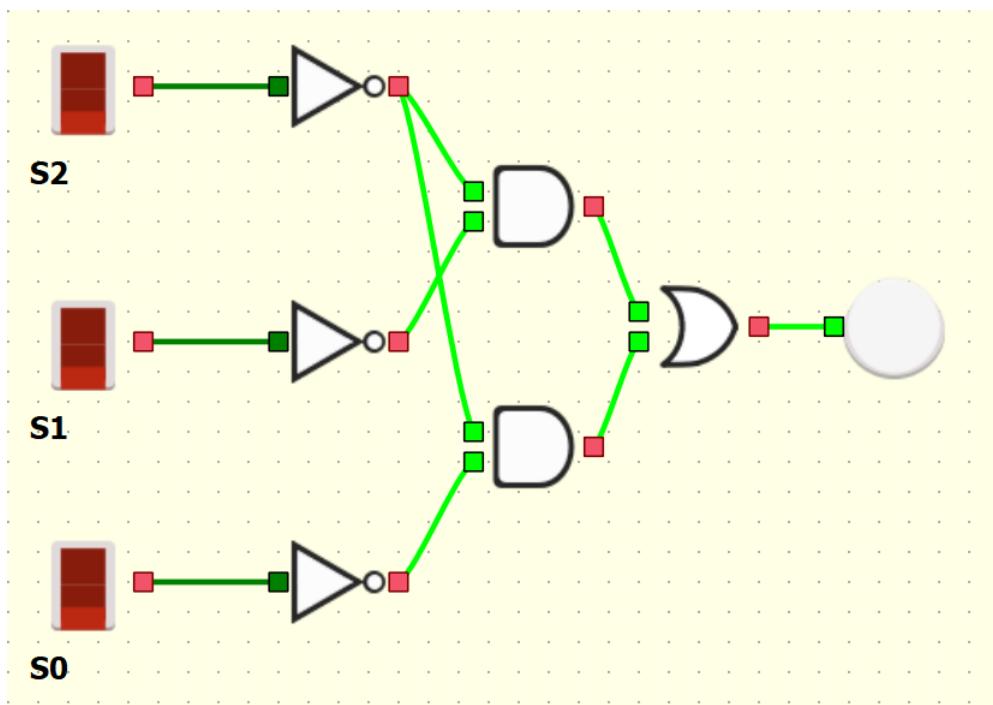


Figura 11: Circuito do Sensor Sonoro

2.2 Circuitos Periféricos

2.2.1 ULA

A ULA (Unidade Lógica e Aritmética) desenvolvida possui duas entradas de 4 bits, representando dois operandos binários, A ($A_3 A_2 A_1 A_0$) e B ($B_3 B_2 B_1 B_0$), que permitem representar valores inteiros sem sinal no intervalo de 0 a 15. O circuito foi projetado para realizar quatro operações distintas entre esses operandos: comparação de igualdade, comparação de maioridade, soma e subtração.

A operação desejada é selecionada por dois bits de controle, S_1 e S_0 , que codificam qual unidade funcional será ativada. Os resultados das quatro operações são conectados a multiplexadores (MUX 4x1), que direcionam a saída correta de acordo com a combinação dos sinais de seleção.

Tabela 4: Tabela de Seleção de Operações da ULA

S1	S0	Operação Executada
0	0	Comparação de Igualdade ($A == B$)
0	1	Comparação de Maioridade ($A > B$)
1	0	Soma ($A + B$)
1	1	Subtração ($A - B$)

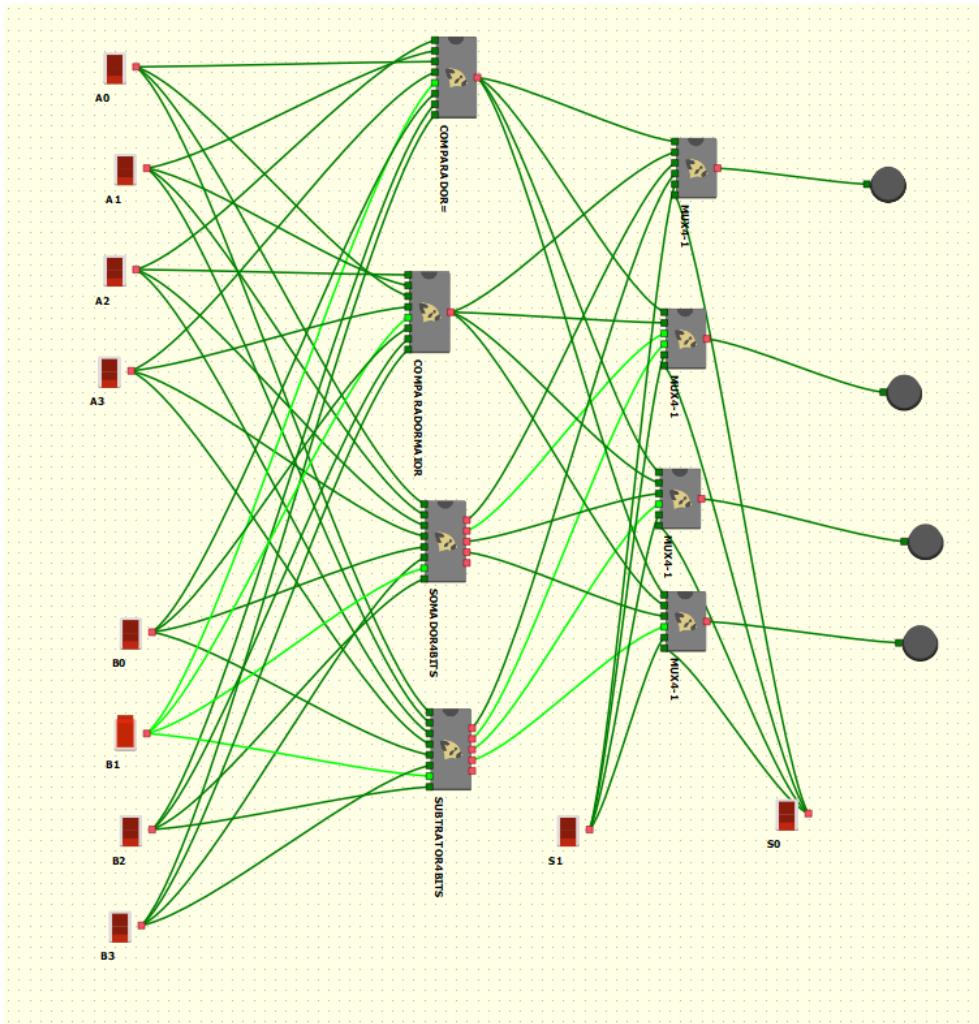


Figura 12: Circuito da ULA

Nessa ULA foram usados 4 circuitos para fazer as operações. Dadas assim:

2.2.1.1 Comparador de Igualdade

O circuito mostrado é um comparador de igualdade de 4 bits, utilizado para verificar se dois números binários, A e B, são exatamente iguais. Ele recebe os bits correspondentes de cada operando e gera uma saída alta (1) apenas quando todos os bits de A coincidem com os de B.

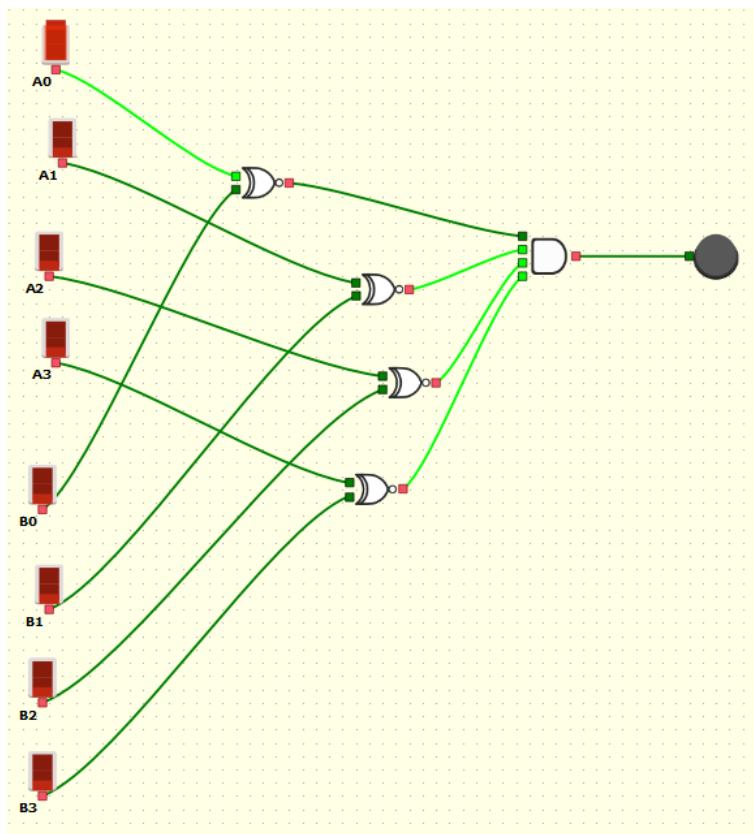


Figura 13: Circuito do Comparador de Igualdade

2.2.1.2 Comparador de Maioridade

O circuito apresentado é um comparador de maioridade de 4 bits, projetado para verificar se o número binário A ($A_3 A_2 A_1 A_0$) é maior que B ($B_3 B_2 B_1 B_0$). Ele analisa os bits mais significativos primeiro e, a partir de combinações lógicas entre eles, determina se A supera B em valor binário. A saída do circuito será 1 apenas quando A for estritamente maior que B.

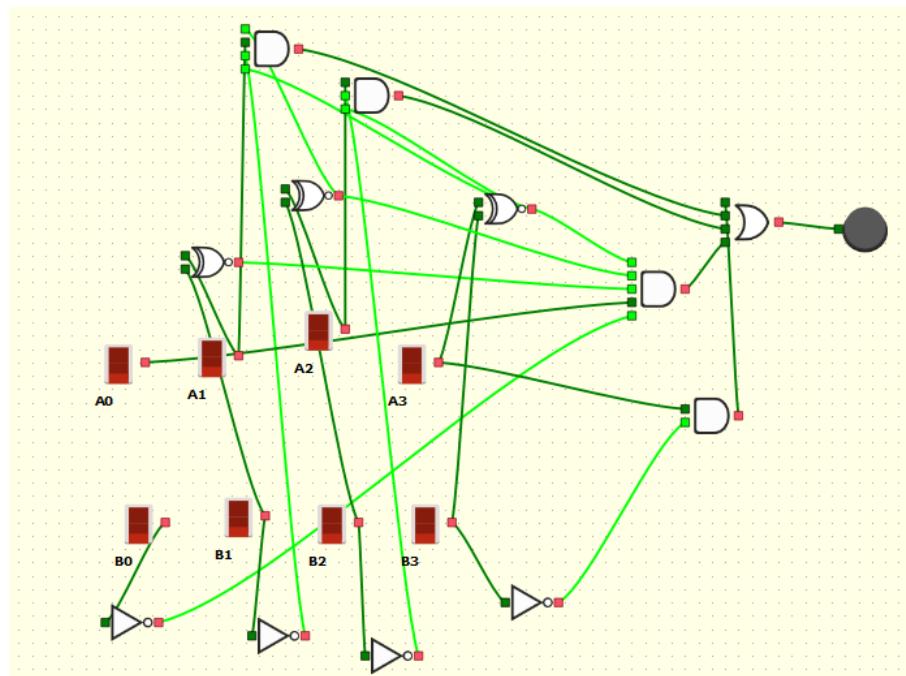


Figura 14: Circuito do Comparador de Igualdade

2.2.1.3 Circuito do Subtrator

O circuito apresentado implementa um subtrator de 4 bits, responsável por realizar a operação $A - B$ entre os operandos binários A ($A_3 A_2 A_1 A_0$) e B ($B_3 B_2 B_1 B_0$). A estrutura utiliza lógica combinacional baseada em somadores completos, com os bits de B sendo invertidos e somados a A juntamente com um valor inicial de transporte igual a 1, o que caracteriza a operação de subtração por complemento de dois. O resultado da subtração é expresso nas saídas S_3 a S_0 , e o sinal de $Cout$ indica se houve empréstimo final, podendo ser usado como indicação de overflow ou resultado negativo em certas interpretações.

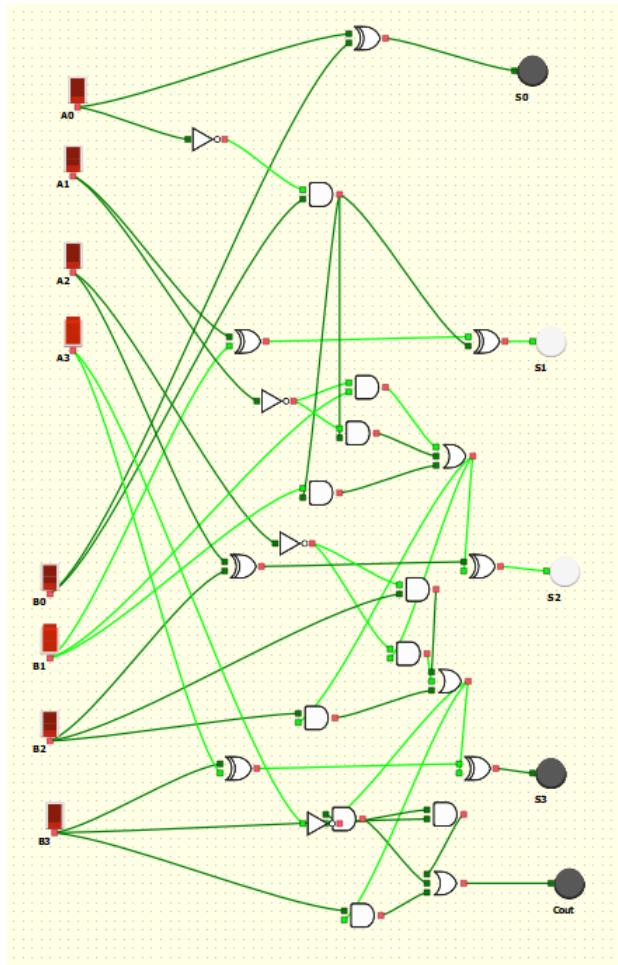


Figura 15: Circuito Subtrator

2.2.1.4 Circuito do Somador

O circuito mostrado é um somador de 4 bits, responsável por calcular a soma entre dois operandos binários A ($A_3 A_2 A_1 A_0$) e B ($B_3 B_2 B_1 B_0$). Ele é composto por uma estrutura de somadores completos em série, onde cada estágio soma os bits correspondentes de A e B juntamente com um transporte (carry) proveniente do estágio anterior. A saída da operação é dada pelos bits S_0 a S_3 , que representam a soma em binário, e pelo bit $Cout$, que indica o transporte final gerado — útil para identificar overflow em operações com múltiplos blocos de 4 bits.

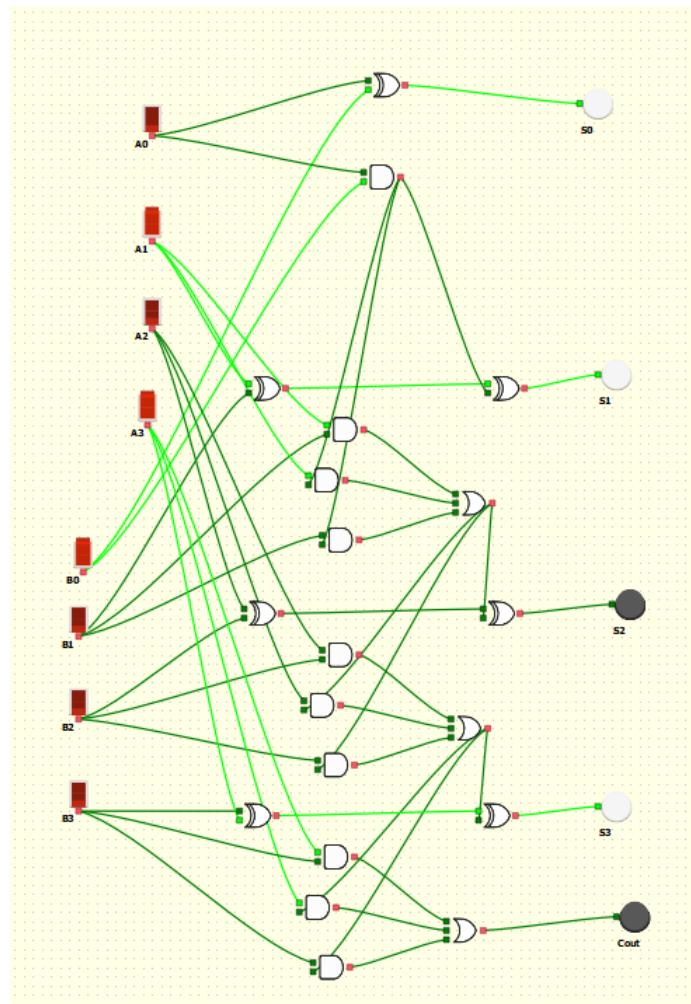


Figura 16: Circuito Somador

2.2.2 Circuito Verificador de Variação de Batimentos Cardíacos

O circuito desenvolvido tem como função detectar variações bruscas na frequência cardíaca, com base em duas amostras sequenciais do sensor, representadas por sinais de 4 bits. Para isso, foi utilizado um contador de 4 bits que atua como temporizador, coordenando o armazenamento dos batimentos em dois instantes distintos, t_1 e t_2 . Esses valores são armazenados em registradores acionados por flip-flops D, que mantêm os dados estáveis para o processamento. A comparação entre as leituras é realizada utilizando o módulo de comparador da ULA, que determina qual dos dois valores é maior.

Uma vez identificado o maior valor, o circuito aciona automaticamente o subtrator da ULA, que calcula a diferença entre as amostras. Essa diferença é então comparada com um limiar fixo de 12 (correspondente a uma diferença de 24 BPM, conforme a codificação do sensor, que varia de 2 em 2 BPM por unidade binária). Caso a diferença entre os batimentos seja superior a esse limite, o circuito ativa uma saída de alerta, sinalizando uma possível variação repentina nos batimentos cardíacos. Essa lógica contribui para o monitoramento mais seguro e preciso do ritmo cardíaco, especialmente em aplicações sensíveis a alterações abruptas.

Além disso, o sistema conta com um botão de controle, que tem como função apagar a luz indicadora e reinicializar o circuito. Esse botão garante que o sistema possa ser manualmente resetado após a emissão de um alerta, permitindo a retomada do monitoramento de forma limpa e confiável. E também garante que o usuário ou algum cuidador está ciente que os batimentos cardíacos estão alterados, seja por má leitura do sensor, ou por uma grande variação real dos batimentos.

Tabela 5: Tabela Verdade – Variação dos Batimentos Cardíacos

Diferença (decimal)	Diferença (binário)	Alerta (Saída)
0	0000	0
1	0001	0
2	0010	0
3	0011	0
4	0100	0
5	0101	0
6	0110	0
7	0111	0
8	1000	0
9	1001	0
10	1010	0
11	1011	0
12	1100	0
13	1101	1
14	1110	1
15	1111	1

O circuito tem como entrada os batimentos cardíacos, e é desenhado dessa forma:

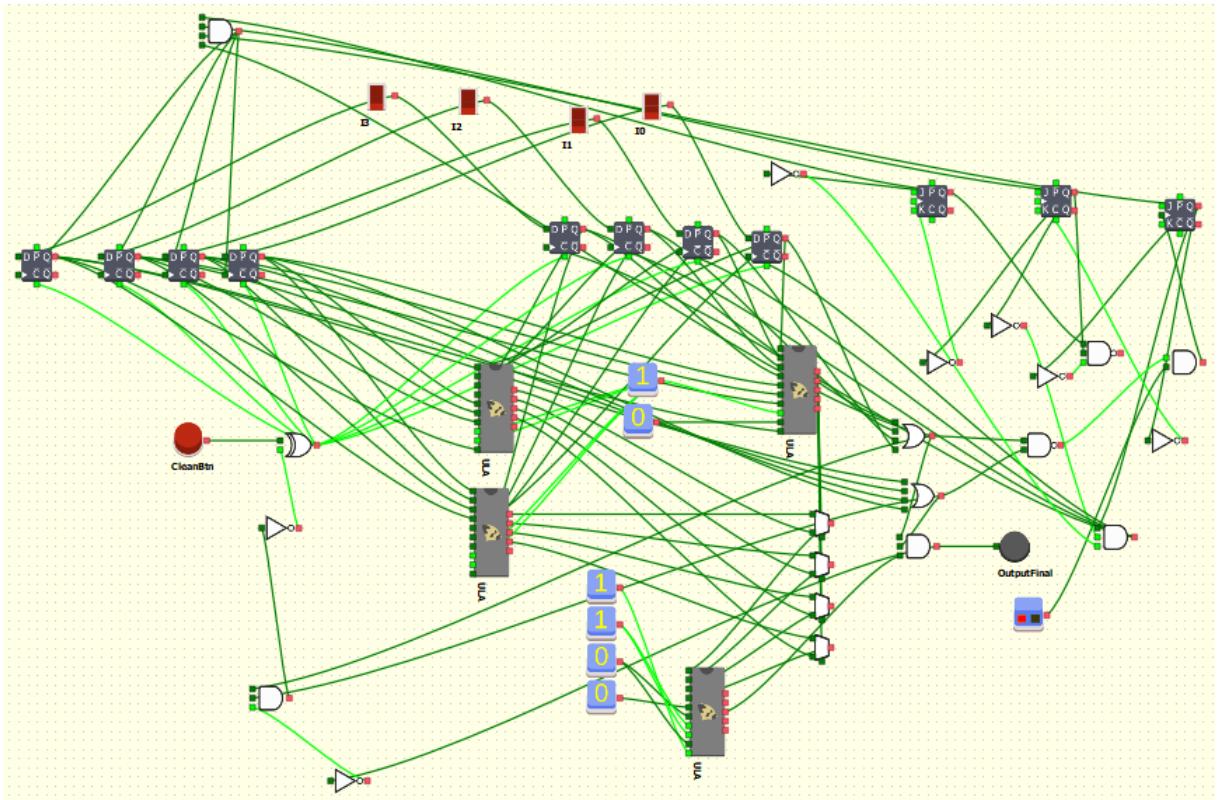


Figura 17: Circuito de Detecção de Variação dos Batimentos Cardíacos

2.2.3 Circuito Suavizador do Sensor de Presença

O circuito apresentado recebe como entrada o sinal de um sensor de presença (nível lógico alto quando detectada), e contabiliza esse sinal em quatro instantes distintos por meio de registradores do tipo flip-flop D, acionados por dois flip-flops JK que funcionam como controle de tempo (clock dividido). Cada detecção é armazenada individualmente, sendo posteriormente somada com as demais utilizando três blocos somadores de 4 bits. O valor resultante da soma indica quantas vezes a presença foi detectada nas quatro amostras. A saída final do circuito é ativada (nível lógico alto) quando o total de detecções for maior ou igual a 3, caracterizando um comportamento semelhante ao de uma média temporal simples.

O circuito tem como objetivo suavizar a saída do sensor de presença, fornecendo uma detecção mais estável e precisa. Para isso, o sinal do sensor é amostrado em quatro instantes distintos por meio de flip-flops D, controlados por um clock gerado com flip-flops JK. As amostras são então somadas utilizando blocos somadores de 4 bits, e o resultado é comparado com um limiar. Caso o total seja maior ou igual a 3, a saída é ativada. Esse processo filtra variações momentâneas, garantindo uma resposta mais confiável do sistema. A seguir, apresenta-se a tabela verdade correspondente:

Tabela 6: Tabela Verdade do Circuito de Média de Presença

P3	P2	P1	P0	Soma (Decimal)	Saída
0	0	0	0	0	0
0	0	0	1	1	0
0	0	1	0	1	0
0	0	1	1	2	0
0	1	0	0	1	0
0	1	0	1	2	0
0	1	1	0	2	0
0	1	1	1	3	1
1	0	0	0	1	0
1	0	0	1	2	0
1	0	1	0	2	0
1	0	1	1	3	1
1	1	0	0	2	0
1	1	0	1	3	1
1	1	1	0	3	1
1	1	1	1	4	1

O circuito utiliza 3 somadores, explicados no item 2.2.1.4, de 4 bits para realizar as 3 somas necessárias, tendo o seu circuito desenhado:

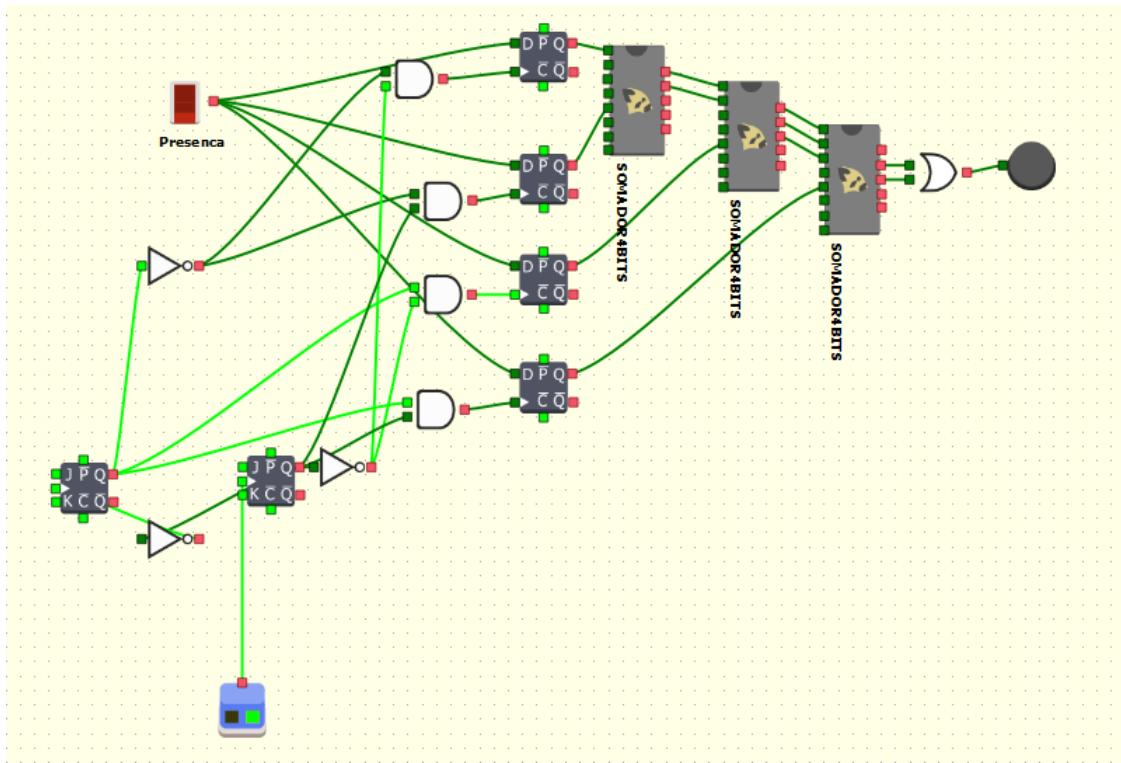


Figura 18: Circuito de Soma do Sensor de Presença

2.2.4 Circuito Verificador de Duração do Sensor Sonoro

Com o intuito de aprimorar a confiabilidade do dispositivo de detecção de alucinações auditivas em pacientes com esquizofrenia, desenvolvemos um circuito digital capaz de verificar a persistência de um sinal sonoro por um intervalo superior a 15 segundos. Este circuito atua como um filtro temporal, assegurando que apenas sons prolongados e recorrentes sejam considerados relevantes para a análise.

O circuito proposto está baseado em uma contagem binária de 4 bits implementada com flip-flops JK , que operam de forma síncrona com o clock gerado a partir do sensor sonoro. A cada detecção de som pelo sensor, um pulso de clock é enviado ao contador, incrementando o estado binário.

Ao detectar um som, o sensor envia pulsos periódicos ao circuito. Cada pulso incrementa o contador binário. Quando o contador atinge o valor binário 1111, uma porta AND identifica essa condição e ativa o LED indicador. Esse LED serve como sinal de alerta ao sistema, apontando que o som ouvido perdurou por tempo suficiente para ser considerado atípico.

O temporizador foi projetado para confirmar que o ambiente permaneceu silencioso por pelo menos 15 segundos, filtrando estímulos sonoros passageiros que não são relevantes para o diagnóstico. Caso ocorra um som breve, o temporizador é reiniciado, reforçando a exigência de silêncio contínuo para que o sistema avance na análise.

Tabela 7: Tabela Verdade do Detector de Padrão Sonoro (padrão: 10110)

Q4	Q3	Q2	Q1	Q0	Saída
0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	1	0
0	0	0	1	0	0
0	0	0	1	1	0
0	0	1	0	0	0
0	0	1	0	1	0
0	0	1	1	0	0
0	0	1	1	1	0
0	1	0	0	0	0
0	1	0	0	1	0
0	1	0	1	0	0
0	1	1	0	0	0
0	1	1	0	1	0
0	1	1	1	0	0
0	1	1	1	1	0
1	0	0	0	0	0
1	0	0	0	1	0
1	0	0	1	0	0
1	0	1	0	0	0
1	0	1	1	0	1
1	0	1	1	1	0
1	1	0	0	0	0
1	1	0	0	1	0
1	1	1	0	0	0
1	1	1	1	0	0
1	1	1	1	1	0

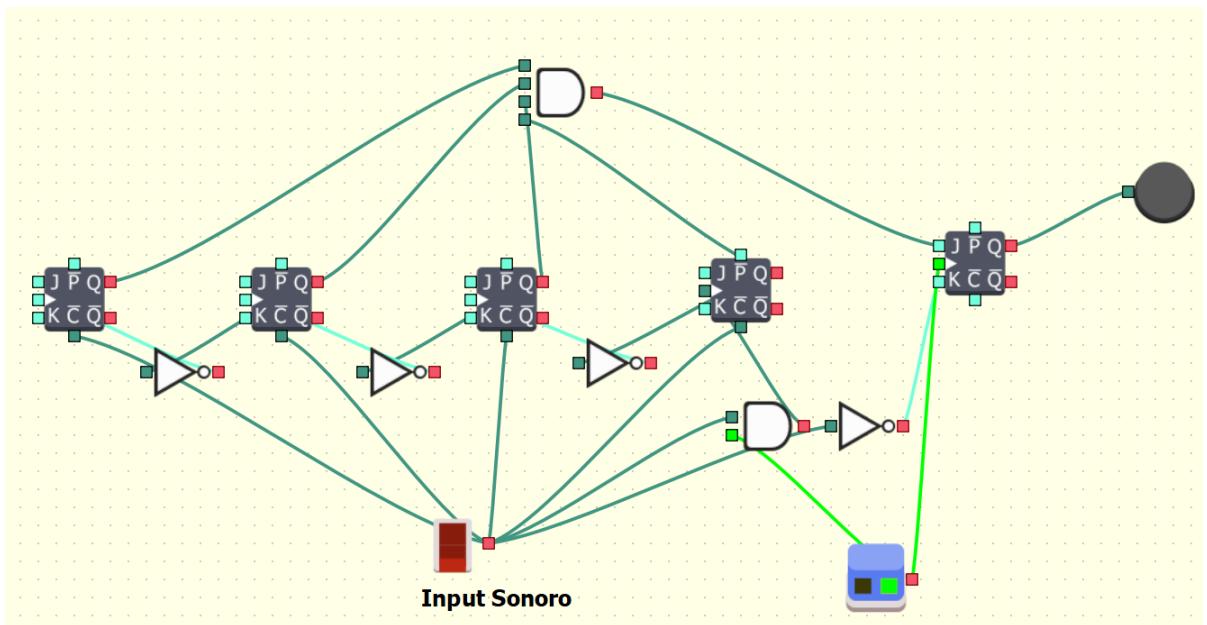


Figura 19: Circuito Verificador de Duração do Sensor de Presença

3 Conclusão

O projeto desenvolvido tem como finalidade a criação de um sistema digital capaz de auxiliar no reconhecimento de possíveis episódios de alucinação auditiva, especialmente voltado ao acompanhamento de pessoas com esquizofrenia. O sistema é baseado na integração lógica de três sensores distintos: presença, sensor sonoro com verificação temporal e sensor de batimentos cardíacos.

O sensor de presença é responsável por detectar movimento no ambiente, e sua saída lógica é baixa (0) quando não há nenhuma atividade física detectada, condição compatível com possíveis momentos de alucinação.

O sensor sonoro, por sua vez, está conectado a um temporizador digital projetado para garantir que somente períodos de silêncio prolongado sejam considerados. A saída deste subsistema é baixa (0) quando não há som contínuo por mais de 15 segundos, o que reforça a possibilidade de que sons percebidos pelo usuário possam ser produto de uma alucinação auditiva.

O sensor de batimentos cardíacos atua como um elemento decisivo para a ativação do sistema. Ele possui uma saída lógica alta (1) quando os batimentos do usuário estão entre 100 e 125 BPM, uma faixa considerada comum durante episódios de ansiedade ou excitação emocional — condições que podem acompanhar uma alucinação.

A lógica combinacional implementada no circuito define que a condição de alucinação (saída = 1) ocorre exclusivamente quando:

Presença = 0 (Sem detecção de algo)
Som = 0 (ambiente silencioso por tempo suficiente)
Batimentos = 1 (batimentos elevados)

Além disso, foi implementado um módulo de alerta para variações súbitas na frequência cardíaca, o qual é ativado sempre que há instabilidade nos sinais cardíacos. Esse alerta pode ser resetado manualmente por meio de um botão de controle, garantindo que o sistema continue monitorando novas variações sem interferência permanente.

Abaixo está o circuito final do sistema, que integra os três sensores e gera uma saída lógica indicando uma possível alucinação, com base nas condições de silêncio, ausência de movimento e batimentos cardíacos elevados.

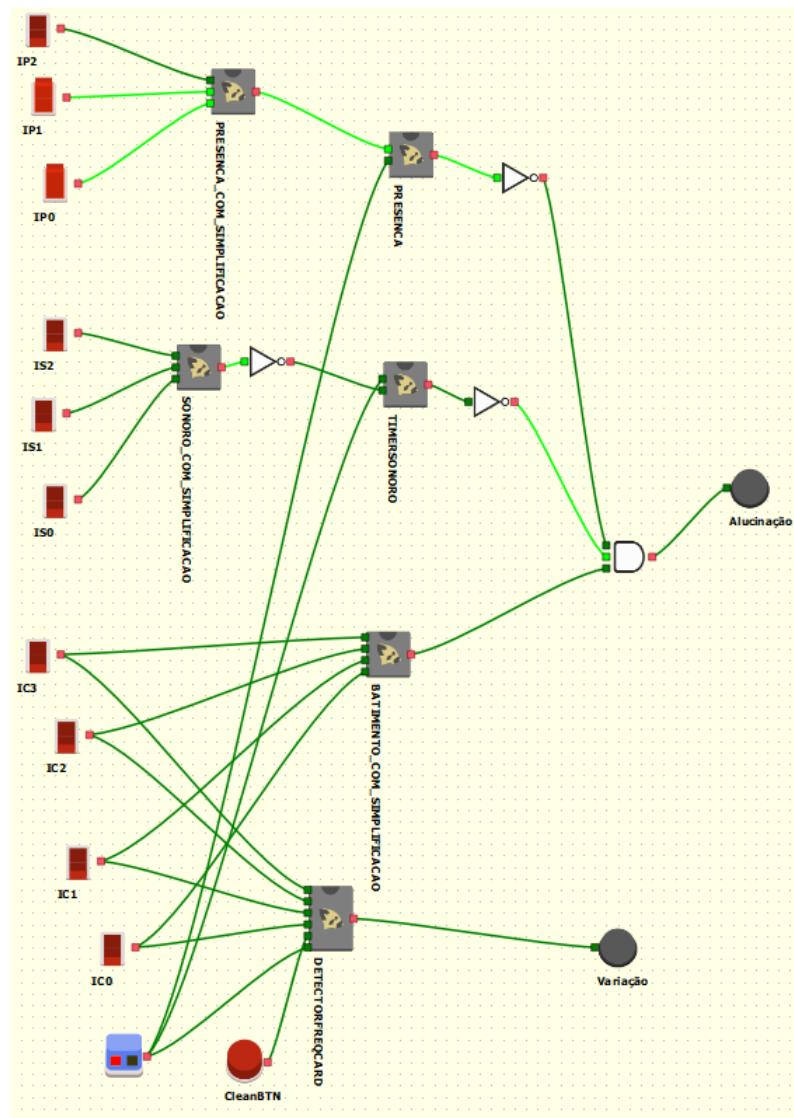


Figura 20: Circuito Final

Tabela 8: Tabela Verdade - Detecção de Alucinação

Presença (P)	Som (S)	Batimentos (B)	Alucinação (A)
0	0	0	0
0	0	1	1
0	1	0	0
0	1	1	0
1	0	0	0
1	0	1	0
1	1	0	0
1	1	1	0

Referências

- EPAMINONDAS, Felipe Rosa; BRITTO, I. A. G. S. Esquizofrenia: estudos na Análise do Comportamento. Sobre Comportamento e Cognição: terapia comportamental e cognitivas, v. 27, p. 65–73, 2010.
- WORLD HEALTH ORGANIZATION. Schizophrenia. 2022
- HOSPITAL SANTA MÔNICA. Esquizofrenia: entenda tudo sobre esse distúrbio. 2018