



UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
ESCOLA DE ENGENHARIA DE SÃO CARLOS
INSTITUTO DE CIÊNCIAS MATEMÁTICAS E DE COMPUTAÇÃO

Disciplina: Sistemas Digitais - SEL0628

RELÓGIO DIGITAL COM ELEMENTOS DE CIRCUITO CMOS

Beatriz Cardoso de Oliveira - 12566400
Fernando Lucas Vieira Souza - 12703069
Isaac Santos Soares - 12751713
João Pedro Gonçalves Ferreira - 12731314
Nicholas Estevão Pereira de Oliveira Rodrigues Bragança - 12689616
Pedro Antonio Bruno Grando - 12547166

Docente responsável: Prof. Maximilian Luppe

São Carlos
1º semestre / 2022

SUMÁRIO

| | | |
|----------|-------------------------------------|----------|
| 1 | Introdução | 1 |
| 2 | Descrição do Relógio Digital | 2 |
| 3 | Tabela dos componentes (BOM) | 4 |
| 4 | Consumo médio de energia | 5 |
| 5 | Conclusão | 6 |

Resumo

Nesse trabalho, foi implementado por meio do software Proteus o projeto de um relógio digital utilizando como componentes circuitos do tipo CMOS. Ao longo do desenvolvimento do projeto, foi estimado os valores dos componentes utilizados e, também, a potência de consumo que o relógio utilizaria, caso fosse implementado. Foi possível depreender que é possível criar um relógio digital e os gastos em reais aproximados disso seria de R\$56,24, utilizando os componentes escolhidos pelo grupo. Além disso, o consumo médio de tal relógio seria de aproximadamente 0,160W.

1. INTRODUÇÃO

A fim de por em prática todos os conceitos desenvolvidos ao longo da disciplina de Sistemas Digitais, será desenvolvido um trabalho final, dividido em 4 partes. A segunda parte do projeto prevê, novamente, implementação de um relógio digital utilizando circuitos integrados comerciais padrão CMOS (Complementary metal-oxide-semiconductor). Para isso, foi projetado um circuito lógico com componentes desse tipo, contando com um circuito gerador de clock com cristal de 32,768 KHz.

Os circuitos CMOS são uma tecnologia desenvolvida para a criação de circuitos integrados e utilizam pares complementares e simétricos de transistores de efeito de campo, também conhecido como FET, do tipo p ou n. Como principais características o CMOS possui um baixo consumo elétrico e sua imunidade a estáticos é baixa. No seu funcionamento, apenas um dos transistores presentes no par permanece sempre desligado. Desse modo, o consumo se dá somente na transição de estados entre o ligado-desligado e vice-versa. Por conseguinte, a temperatura do circuito não esquenta tanto quanto a de outros modelos cuja corrente é sempre contínua, tal qual o circuito TTL. Além disso, o circuito CMOS apresenta uma grande capacidade para alta densidade de informações, o que torna sua utilização muito útil na integração de larga escala.

O circuito a ser implementado na segunda parte do projeto parte do projeto é um relógio digital que tem como objetivo a implementação de um clock e a utilização de componentes, tais quais, contadores de binários, de década, binários com preset, decodificadores e displays de 7 segmentos, além de lógica externa, para a elaboração de um relógio que apresenta as horas e os minutos corretamente.

2. DESCRIÇÃO DO RELÓGIO DIGITAL

O circuito do relógio digital se inicia com o gerador de clock formado por um cristal oscilador de 32,768KHz acoplado a um circuito simples formado por 2 portas NOT (CI40106), 2 resistores (10MΩ, 100KΩ) e 2 capacitores (22pF), representado na Figura. 1. Este circuito ao qual o cristal foi acoplado serve para retificar a onda gerada pela vibração característica do cristal (para que a saída seja uma onda quadrada).

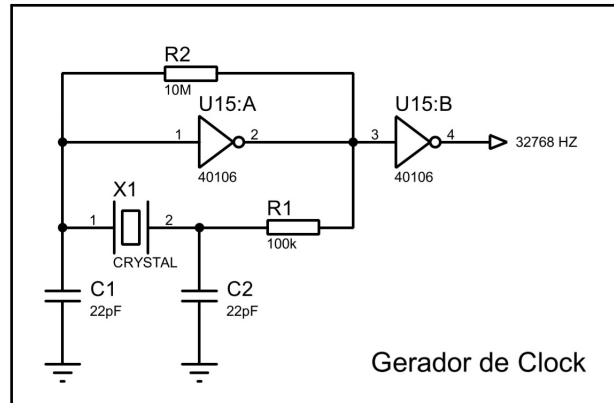


Figura 1: Circuito Gerador de Clock (32,768KHz).

Em seguida temos um circuito divisor de clock, Figura. 2, para que possamos obter os valores de clock de 1Hz e 1/60Hz necessários para o relógio. Para o clock de 1 Hz utilizou-se dois CI4060, divisores binários, com entrada de clock de 32768Hz. Do primeiro, ligou-se o pino de saída 13, que divide a entrada por 2^8 , na entrada do segundo, que por sua vez, gera um sinal de 1Hz na saída 14, que divide a entrada por 2^7 . Vale notar que 32768Hz é o mesmo que 2^{15} Hz, logo, realmente chega-se ao clock de 1Hz.

Paralelamente a esse, o clock de 1/60Hz é obtido utilizando a saída 13 do segundo divisor, resultando em um sinal de 1/2Hz, que se torna clock de um CI4516, um contador binário "presetável", i. e., é possível fazer a contagem iniciar em um determinado valor. Para isso, o contador foi presetado para começar a contagem em 10, funcionando, assim, como um contador (divisor) de 5. Ao finalizar a contagem, desliga o *carryout*, que é usado tanto para ligar o preset enable, a cada reinício de contagem, quanto como clock para outro CI4516, que inicia sua contagem em 9, funcionando como um divisor de 6. O carry out desse componente é invertido e resulta no clock de 1/60Hz.

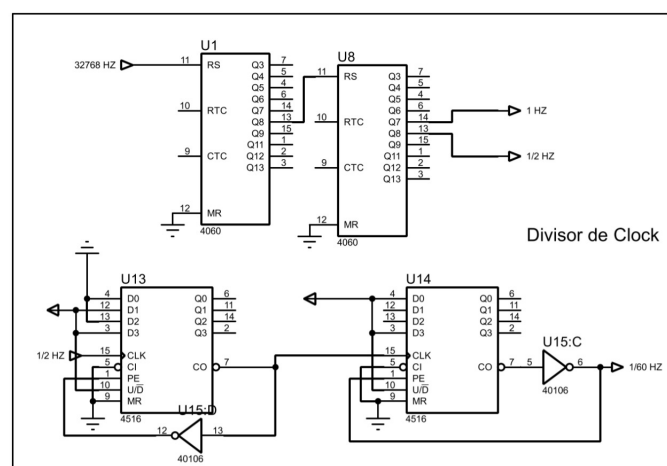


Figura 2: Circuito Divisor de Clock (32,768KHz para 1Hz e 1/60Hz).

Após os circuitos divisores de clock, utilizou-se o clock de 1/60hz como base para o circuito contador do relógio. Para esse circuito, utilizou-se de um CI4518, cada um composto de 2 contadores BCD, cujas saídas são ligadas diretamente aos conversores BCD-7-segmentos (CI4511). Para todos os contadores,

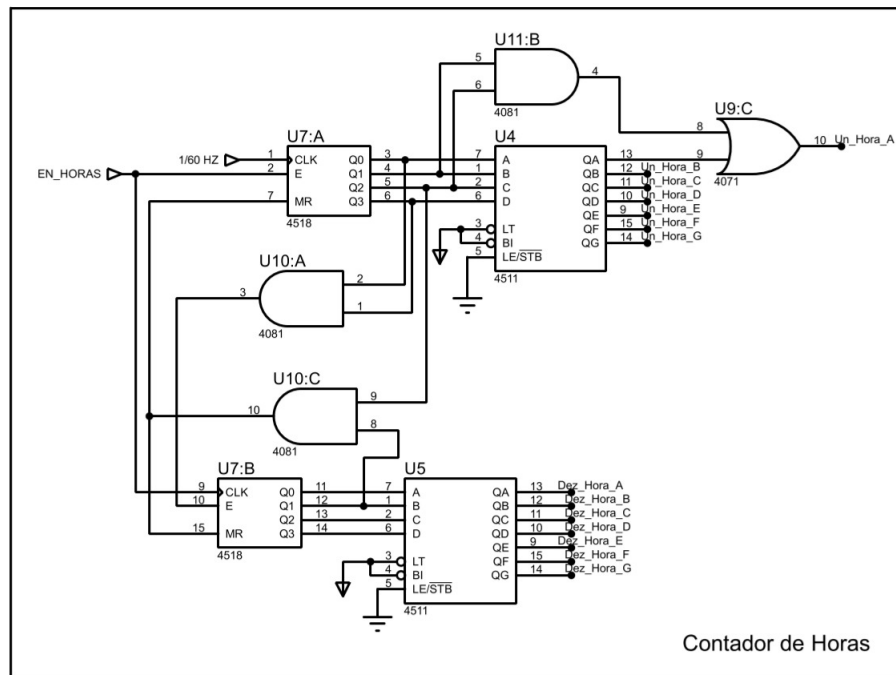


Figura 4: Circuito de horas do relógio.

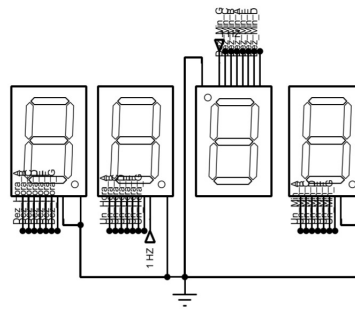


Figura 5: Ligações dos diplays com os decodificadores.

3. TABELA DOS COMPONENTES (BOM)

Baseado no que se encontra no circuito esquemático mostrado acima (ou no datasheet que acompanha esse trabalho), montou-se uma tabela de componentes e avaliou-se os preços de cada um.

Dessa forma, o custo total estimado que seria para implementar o circuito foi de R\$56,24, considerando os valores cotados pelo grupo.

| Circuito | Componente | Quantidade | Tipo | Valor do componente (R\$) | Custo total no circuito (R\$) |
|---|-----------------|------------|-----------------------|---------------------------|-------------------------------|
| Gerador de Clock | CD40106 | 1 | Inversor | 1,85 | 1,85 |
| | DT-26 32.768KHZ | 1 | Cristal de frequência | 1,52 | 1,52 |
| Divisor de Clock | 4060 | 2 | Contador | 1,6 | 3,2 |
| | 4516 | 2 | Counter Binario | 4,87 | 9,74 |
| | 4071 | 2 | Porta lógica AND | 4,43 | 8,86 |
| Contador de Horas e Contador de Minutos | 4081 | 1 | Porta lógica OR | 1,67 | 1,67 |
| | 4518 | 2 | Contadores binários | 5,9 | 11,8 |
| | 4511 | 4 | Decodificador BCD | 1,9 | 7,6 |
| Display Digital | D168K | 4 | Display 7 segmentos | 2,5 | 10 |

4. CONSUMO MÉDIO DE ENERGIA

A partir dos componentes escolhidos para a elaboração do circuito esquemático apresentado anteriormente, analisou-se os datasheets de cada um deles e, assim, uma tabela com o consumo de cada um daqueles foi elaborada, para determinar o consumo de cada um deles.

| Circuito | Componente | Quantidade | Tipo | Consumo de Potência (uW) | Consumo total de Potência |
|---|-----------------|------------|-----------------------|--------------------------|---------------------------|
| Gerador de Clock | CD40106 | 1 | Inversor | 0,2 | 0,2 |
| | DT-26 32.768KHZ | 1 | Cristal de frequência | 0,001 | 0,001 |
| Divisor de Clock | 4060 | 2 | Contador | 1,6 | 3,2 |
| | 4516 | 2 | Counter Binario | 1,6 | 3,2 |
| | 4071 | 2 | Porta lógica AND | 0,2 | 0,4 |
| Contador de Horas e Contador de Minutos | 4081 | 1 | Porta lógica OR | 0,4 | 0,4 |
| | 4518 | 2 | Contadores binários | 1,6 | 3,2 |
| | 4511 | 4 | Decodificador BCD | 1,6 | 6,4 |
| Display Digital | D168K | 4 | Display 7 segmentos | 40000 | 160000 |

Totalizando um gasto aproximado de 0,160W.

5. CONCLUSÃO

Por meio da atividade proposta, foi observado que é possível implementar o circuito de um relógio digital, utilizando como componentes principais circuitos do tipo CMOS. Além disso, o grupo encontrou como dificuldades para elaboração do projeto a utilização do software de desenvolvimento do circuito (Proteus) e também houveram algumas dificuldades relacionadas as informações sobre o consumo médio de cada um dos componentes utilizados no circuito. Ademais, todas as adversidades encontradas ao longo do desenvolvimento do projeto foram solucionadas por meio de discussões entre o grupo e pesquisas feitas nos datasheets. Por fim, a atividade foi realizada com sucesso e cumprindo o objetivo proposto pelo professor.