



UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA
COORDENAÇÃO DO CURSO DE ENG^a ELÉTRICA

RELATÓRIO DE ESTÁGIO

Marcelo de Araújo Freire

Relatório apresentado a Coordenação de
Estágios em Engenharia Elétrica da UFPB como
Parte dos requisitos necessários à obtenção do
Título de Engenheiro Eletricista.

Campina Grande (PB) 07 de Agosto de 1997

ESTAGIÁRIO : Marcelo de Araújo Freire

MATRÍCULA : 9111504-2

**EMPRESA: Laboratório de Ensaio, Manutenção,
Calibração, Aferição e Desenvolvimento - LEMCAD**

**LOCAL: Universidade Federal da Paraíba UFPB-
Campus II**

**ORIENTADOR TÉCNICO: Eng. Paulo de Almeida
Farias**

TIPO DE ESTÁGIO: Estágio Supervisionado.

PERÍODO DE ESTÁGIO : 30 de Junho - 06 de Agosto

PROFESSOR ORIENTADOR: Prof. Hiran de Melo

COORDENADOR DE ESTÁGIOS: Luis Reyes Rosales

Montero



Biblioteca Setorial do CDSA. Fevereiro de 2021.

Sumé - PB

AGRADECIMENTOS

Ao Eng. Geovani de Araújo Borges, que muito me auxiliou e tornou esse estágio possível.

Ao Eng. Paulo de Almeida Farias pelo seu sempre incentivo, paciência e profissionalismo ao me orientar no decorrer deste projeto.

Ao professor Hiran de Melo que muito contribuiu com a desburocratização e valorização do ser humano acima de tudo durante todo o processo de estágio, tornando-o assim, mais produtivo, direto e eficiente.

À toda a equipe técnica do laboratório, que com seus conhecimentos me auxiliaram na montagem deste projeto.

Por último, e os últimos são os primeiros, agradeço aos meus pais e a Deus que sem eles seria impossível eu ter concluído tamanha etapa na minha vida.

ÍNDICE

| | |
|---|-----------|
| 1 RESUMO | 5 |
| 2 INTRODUÇÃO TEÓRICA | 6 |
| 2.1 DETERMINADOR DE UMIDADE DE CEREAIS | 6 |
| 2.2 PRINCÍPIO DE OPERAÇÃO | 7 |
| 2.3 EQUAÇÕES DE CORRENTE E TENSÕES EM DIODOS | 8 |
| 3 CHIP INTERSIL 7107 | 11 |
| 3.1 FASES DE FUNCIONAMENTO | 13 |
| 3.1.1 FASE AUTOZERO | 14 |
| 3.1.2 FASE DE INTEGRAÇÃO DO SINAL | 14 |
| 3.1.3 FASE DE DE-INTEGRAÇÃO | 15 |
| 3.1.4 CONVERSOR A/D | 15 |
| 4 CIRCUITO DO TERMÔMETRO | 18 |
| 4.1 PLACA DO TERMÔMETRO | 21 |
| 5 SUGESTÃO PARA CONTINUAÇÃO DO PROJETO | 23 |
| 6 CONCLUSÃO | 25 |
| 7 BIBLIOGRAFIA | 26 |

1 RESUMO

O objetivo deste trabalho é a montagem de um termômetro digital para aplicação em um determinador de umidade de cereais a partir do chip Intersil ICL 7107. Para se chegar ao estágio final de montagem do termômetro é necessário que se estude o chip 7107, o A/D tipo rampa dupla, a mecânica sob a qual o medidor de umidade funciona, algumas ferramentas para a concepção de placas impressas e calibragem de termômetros.

2 Introdução Teórica

2.1 Determinador de Umidade de Cereais

Como mencionado no resumo do trabalho, o termômetro digital foi desenvolvido para se adaptar fisicamente a estrutura mecânica do determinador de umidade UMIMED II fabricado pela GeHaKa indústria e comercio eletro-eletrônica LTDA

A secagem é um dos processos mais antigos utilizados pelos homem na conservação de alimentos. É um processo copiado da natureza que foi aperfeiçoado pelo homem.

Todos os cereais são conservados por secagem, sendo o processo natural tão eficiente que dificilmente requer a ajuda do homem.

As vantagens da secagem são várias, entre as quais temos uma melhor conservação do produto. Sabemos que a umidade é condição necessária ao crescimento dos microrganismos; assim, se diminuirmos bastante o seu conteúdo, estaremos criando condições desfavoráveis ao crescimento microbiano

O determinador de umidade em questão, é específico para grãos, sementes, forragens, farinhas e muitos outros produtos. Ele possui muitas características de vital importância para a agricultura.

- A leitura é dada diretamente em porcentagem de umidade.
- Não requer provas separadas de temperatura, pois possui um termômetro no aparelho, em lugar bem visível que indica a temperatura da amostra durante a determinação.
- Funciona com um megômetro acoplado.
- É um aparelho compacto. Construído em caixa metálica.
- Monitor de pressão

2.2 Princípio de Operação

A alta pressão é o segredo de sua exatidão. Um componente elétrico (megômetro) registra a resistência elétrica de uma amostra de peso e

volume específicos, que é comprimida a um determinado grau de prensagem de acordo com o tipo e qualidade da amostra.

A resistência da amostra varia de acordo com a temperatura, devido a este fator foi incorporado ao aparelho um termômetro para compensar temperaturas diferentes.

Com esta medida pode-se obter leituras de umidade rápidas e precisas tanto no campo como em laboratórios.

2.3 Equações de corrente e tensões em diodos

Vamos considerar a equação da relação $i-v$ para a região de condução de um diodo, que é aproximadamente:

$$i = I_S \left(e^{\frac{v}{nV_T}} - 1 \right) \quad \boxed{\text{Equação 1}}$$

Onde I_S é uma constante para um dado diodo em uma dada temperatura. A corrente I_S é chamada de corrente de saturação. O valor de I_S é, portanto uma função muito forte da temperatura.

A tensão V_T na equação I é uma constante chamada de tensão termal, dada por:

$$V_T = \frac{kT}{q}$$

Equação II

onde:

k = constante de Boltzmann = $1,38 \times 10^{-23}$ joules/kelvin

T = Temperatura absoluta em Kelvins = $273 +$ temperatura em $^{\circ}\text{C}$

q = $1,602 \times 10^{-19}$ coulomb

Em temperatura ambiente 20°C o valor de V_T é 25,2 mV. Na equação do diodo a constante n tem valor entre 1 e 2, dependendo do material e da estrutura física do diodo.

A figura I mostra a relação $i-v$ com algumas escalas expandidas e outras comprimidas para revelar detalhes tanto da região de condução quanto da região de corte.

Para uma corrente apreciável i na direção de condução, especificamente se $i \gg I_S$, a equação I pode ser aproximada pela relação exponencial

$$i = I_S e^{\frac{v}{nV_T}}$$

Equação III

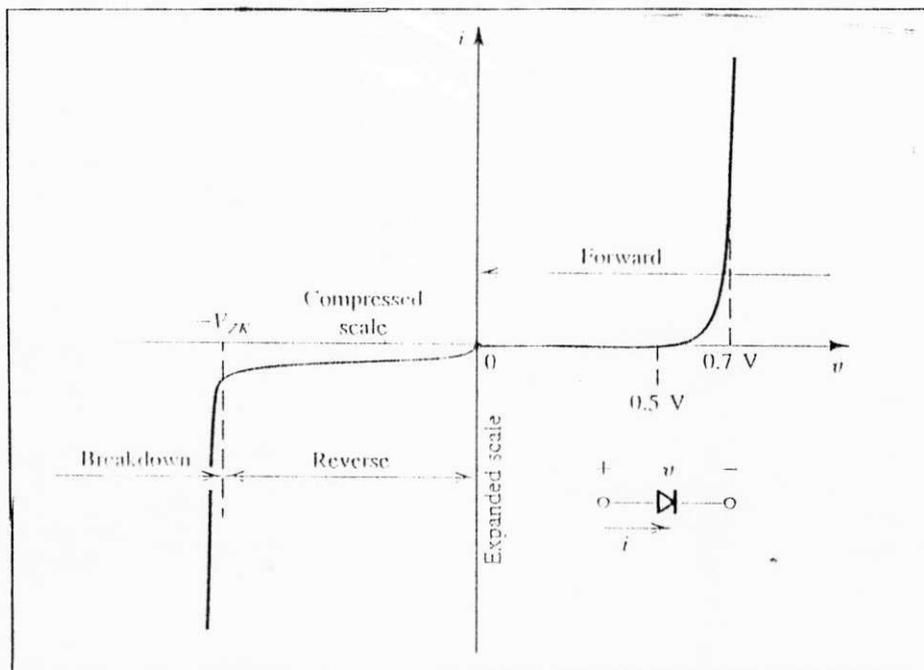


Figura I Relação i - v em um diodo

Essa relação pode ser expressa alternativamente na forma logarítmica

$$v = nV_T \ln \frac{i}{I_S}$$

Equação IV

Desde que ambos I_S e V_T são funções da temperatura, a característica de condução $i-v$ varia com a temperatura como ilustrado na figura II. Para uma dada corrente constante no diodo, a tensão decresce de aproximadamente 2 mV para cada 1°C em temperatura. É essa mudança na tensão de diodos que foi explorada no desenvolvimento deste projeto.

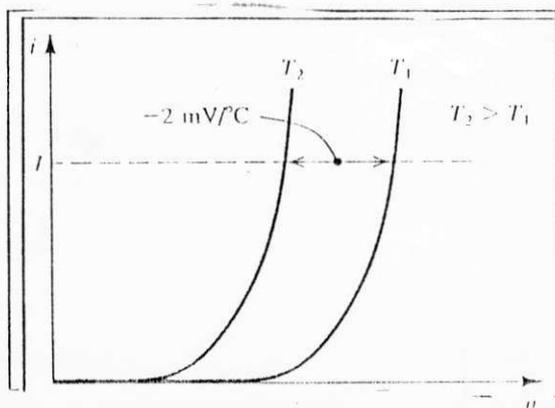


Figura II Característica dependente da temperatura

3 Chip Intersil 7107

O circuito integrado ICL 7107 consiste em um conversor analógico/digital de alta performance e baixo consumo, capaz de fornecer uma saída de 3 e meio dígitos diretamente para displays de diodos emissores de luz. Esse integrado incorporam todos os elementos

para fornecer uma saída digital a partir de uma entrada analógica, tais como decodificadores, drivers, referências, clocks, etc.

A precisão tem como ponto alto o zero automático para menos de $10\mu V$. A versatilidade pode se destacar na possibilidade de uso de entrada diferencial, como também na não necessidade de fontes complexas e o reduzido número de componentes externos para excitação do display e entrada. A figura III mostra a pinagem do 7107.

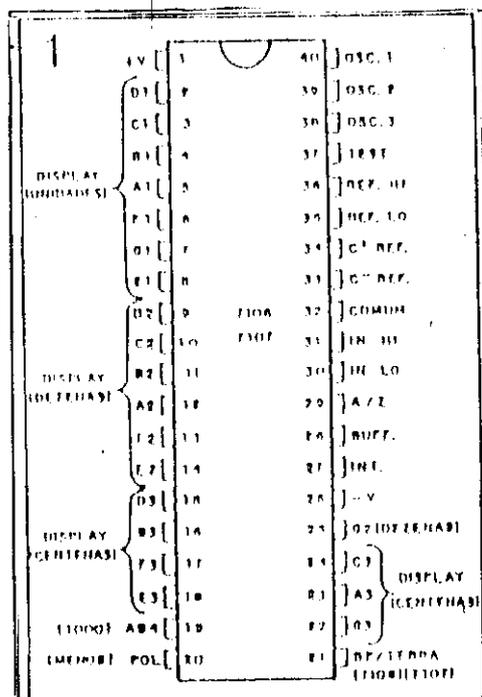


Figura III - Pinagem do 7107

3.1 Fases de funcionamento

Para cada ciclo de medida existem três fases 1) autozero (A-Z), 2) integração do sinal (INT), 3) de- integração (DE). Na figura IV temos o setor analógico do integrado 7107.

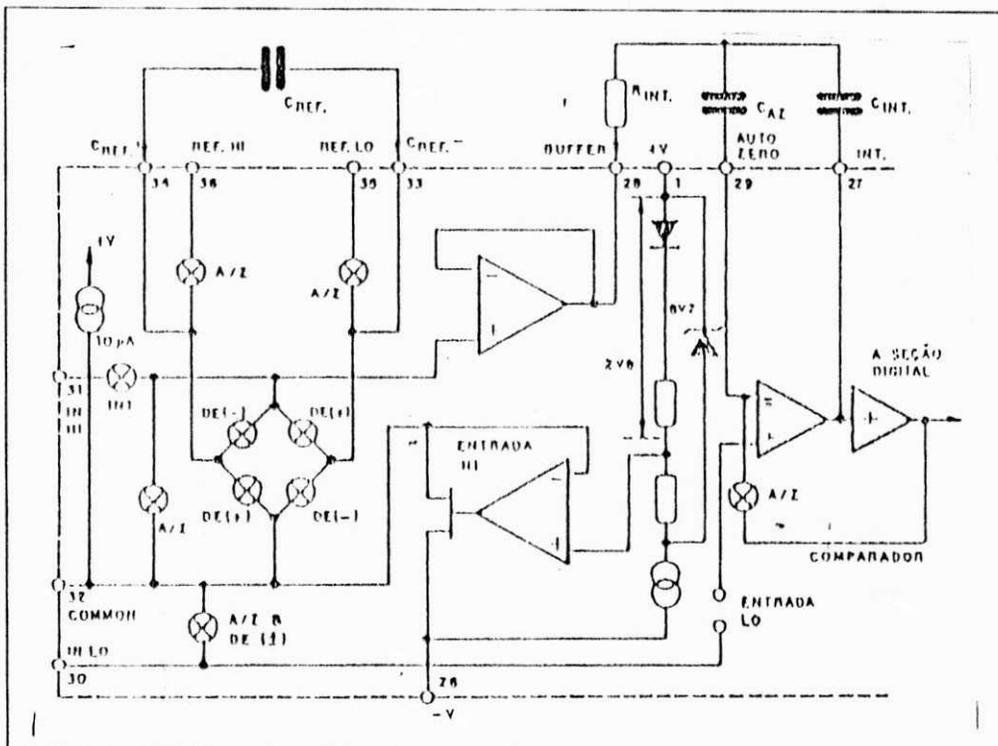


Figura IV Setor analógico do 7107

3.1.1 Fase autozero

Durante essa fase ocorrem três fatos. Em primeiro lugar, as entradas HI e LO são desconectadas dos pinos e, internamente, curto circuitadas ao COMMON analógico. Em segundo lugar, o capacitor de referência é carregado com a tensão de referência. Em terceiro lugar, um elo de realimentação é fechado em torno do sistema para carregar o capacitor autozero para compensar as tensões offset no amplificador, integrador e comparador. A partir do momento em que o comparador é incluído no elo de realimentação, a precisão A-Z fica limitada apenas pelo nível de ruído no sistema. De qualquer forma, o offset referido à entrada é menor que $10\mu\text{V}$

3.1.2 Fase de Integração do sinal

Durante a integração do sinal, o elo de realimentação autozero é aberto pela remoção interna do curto, e as entradas internas HI e LO são conectadas aos pinos externos. O conversor integra, então a tensão diferencial entre a entrada IN HI e IN LO durante um intervalo de tempo fixo.

Essa tensão diferencial pode ser aplicada de modo comum, com 1V a menos que a tensão da fonte. Se isso não for feito, o sinal de entrada não terá nenhum retorno em relação à fonte de alimentação do conversor. A entrada IN LO pode ser conectada diretamente ao COMMON para se estabelecer uma operação correta em modo comum. No final desta fase, a polaridade do sinal integrado estará determinada.

3.1.3 Fase de de-integração

A entrada LO é internamente conectada ao COMMON analógico e a entrada HI é conectada ao capacitor de referência previamente carregado.

O circuito no interior do chip assegura a conexão do capacitor com a polaridade correta, de modo a levar a saída do integrado ao retorno a zero. O tempo requerido para a saída retornar a zero é proporcional ao sinal de entrada. Especificamente, a leitura digital mostrada é $1000(V_{in}/V_{ref})$.

3.1.4 Conversor A/D

Como ficou evidente na explicação do funcionamento do 7107, ele utiliza um conversor A/D do tipo rampa dupla, que pode ser mais detalhado desta maneira:

A figura V mostra o diagrama em blocos de um conversor de rampa dupla ideal. O método da rampa dupla, em seu caso ideal, consiste em fazer a integração de um sinal de entrada (V_{in}) durante um tempo fixo T_{int} (figura VI). Em seguida a tensão armazenada no integrador é des-integrada através da tensão de referência (V_{ref}). O tempo gasto na etapa de des-integração é então registrado em um contador, sendo este tempo proporcional a tensão de entrada V_{in} como é mostrado a seguir.

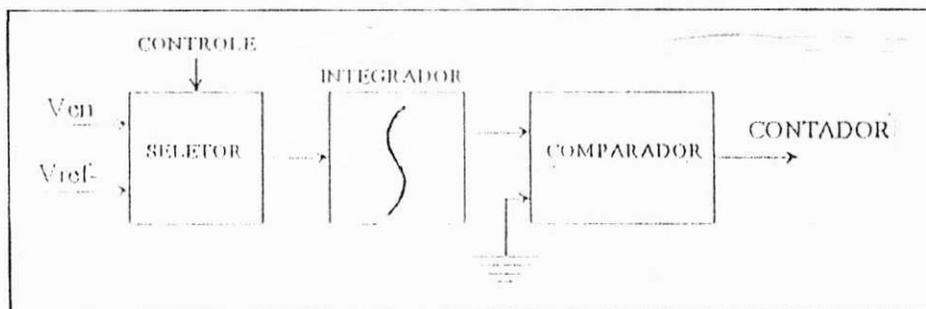


Figura V - Diagrama de blocos do conversor de rampa dupla ideal

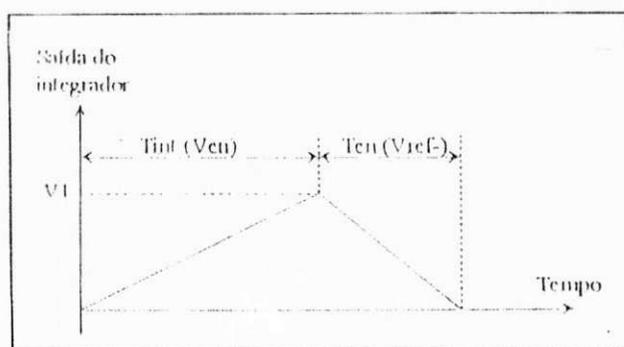


Figura VI - Tensão na saída do integrador do conversor de rampa dupla ideal.

O valor da tensão armazenada no integrador ao final da integração de V_{en} é dada por:

$$V1 = Ki \int_{T_{int}} V_{in} dt = Ki T_{int} V_{in} \quad \text{Equação V}$$

Da etapa de desintegração obtém-se:

$$V1 = Ki \int_{T_{int}} -V_{ref-} dt = -Ki T_{int} V_{ref-} \quad \text{Equação VI}$$

De (V) e (VI) obtém-se:

$$V_{in} = \frac{T_{en}}{T_{int}} (-V_{ref-}) \quad \text{Equação VII}$$

Sendo V_{ref-} e T_{int} constantes, a partir de (VII) vê-se que a tensão de entrada V_{en} é diretamente proporcional ao tempo T_{en} . É importante observar que T_{en} não depende da constante de integração do integrador utilizado. Sendo assim a estabilidade de T_{en} depende apenas da estabilidade da referência V_{ref-} , não tendo nenhuma influência da temperatura também, já que não há dependência de offsets.

No entanto este é o caso ideal do conversor de rampa dupla. Na prática existem offsets tanto no integrador como no comparador, tornando a análise feita não válida. O conversor A/D ICL 7107 da INTERSIL utiliza o método rampa dupla, sendo todos os offsets compensados em uma fase de auto-zero. A conversão é então feita, posteriormente a fase de auto-zero, nas condições ideais.

4 Circuito do Termômetro

Na figura VII tem-se o circuito do termômetro digital. Nele se observa o ICL 7107 como um termômetro para graus centígrados. Um diodo de silício, que na verdade é um transistor conectado nesta função, possui um coeficiente de temperatura de aproximadamente $-2\text{mV}/^\circ\text{C}$.

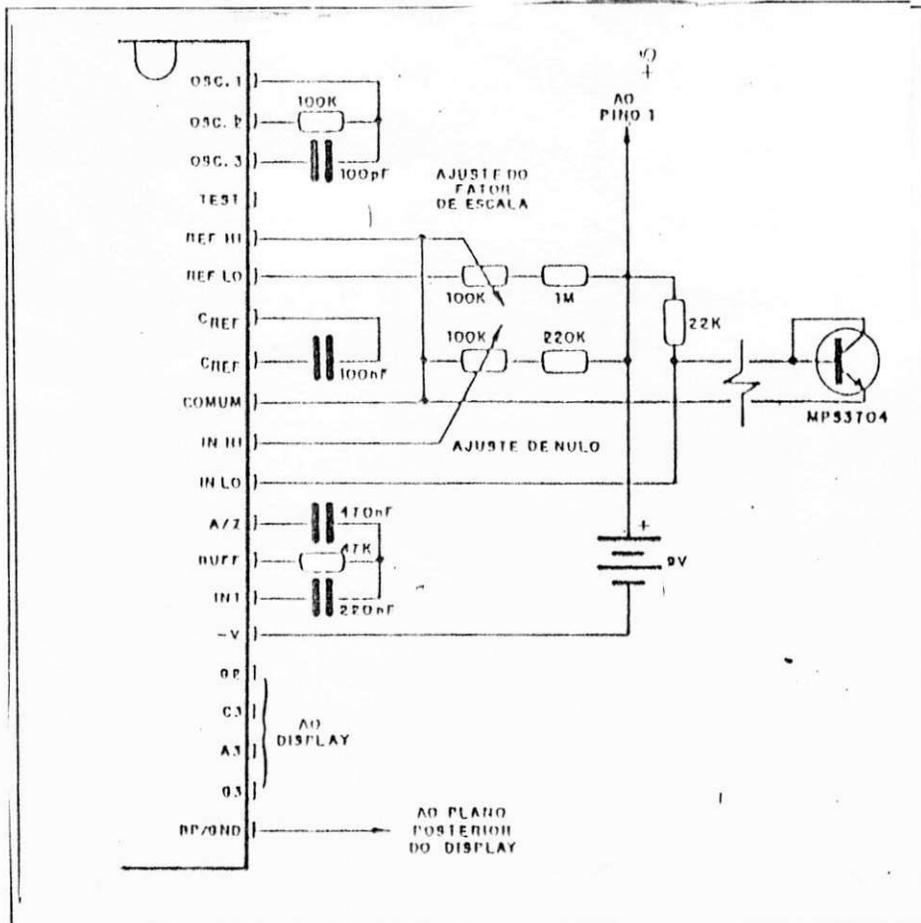


Figura VII Circuito do termômetro (7107)

Para a seleção dos valores dos componentes externos acima mostrados, algumas medidas foram levadas em consideração.

- **Resistor de Integração (R_i)**

Tanto o amplificador excitador como o integrador possuem uma saída classe A com $100 \mu\text{A}$ de corrente quiescente. Eles podem fornecer uma corrente externa de $20 \mu\text{A}$ com uma não linearidade desprezível.

O resistor de integração pode ser grande o suficiente para manter o circuito nesta região linear em toda a faixa de tensões de entrada, mas pequeno o suficiente para não haver problemas de correntes de fuga. Para 200mV de fundo de escala, 47k Ω é considerado um valor ótimo.

- **Capacitor de integração (C_i)**

O capacitor de integração deve ser escolhido de modo a fornecer a máxima excursão de tensão que assegure, em função da tolerância do integrado, uma excursão que não o sature. Para 3 leituras por segundo, com um clock de 48kHz portanto, o valor nominal do capacitor de integração é de 220nF.

Um requisito adicional do capacitor de integração é a necessidade de uma baixa absorção dielétrica, para prevenir os chamados erros de roll-over. Embora existam muitos tipos de capacitores que possam ser usados nesta aplicação, os de polypropileno são os que possibilitam a obtenção de erros indetectáveis, a um custo razoável.

- **Capacitor de autozero (C_{au})**

O valor do capacitor de autozero tem certa influência no nível de ruído do sistema. Para a escala de 200mV, onde o nível de ruído é muito importante, um capacitor de 470nF é recomendado.

- **Capacitor de referência (C_{ref})**

Segundo o manual do fabricante, para esta função um capacitor de 100nF proporciona resultados satisfatórios na maioria das aplicações.

- **Componentes do oscilador**

Para todas as faixas de frequência, um resistor de 100K é recomendado. Para um clock de 48kHz (3 leituras por segundo), o valor obtido para C é de 100pF. Para uma melhor performance em relação a variação de tensão por absorção dielétrica, o tipo mais adequado de capacitor para o oscilador é do tipo estiroflex.

4.1 Placa do termômetro

Devido a necessidade de adaptação do termômetro à caixa metálica do determinador de umidade, foi preciso projetar para o termômetro digital duas placas: uma para os displays e uma para o circuito do ICL7107.

Para a determinação exata da pinagem do display de leds foi feito um ensaio em laboratório.

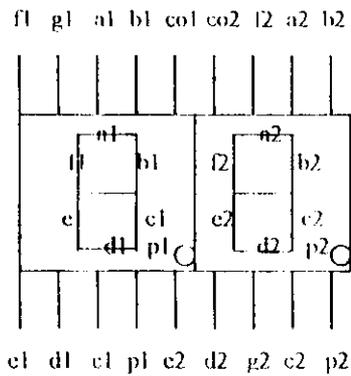


Figura VIII pinagem do display de leds

As placas que foram projetadas para o projeto foram desenvolvidas com ajuda do software protel [5] e estão mostradas a seguir.

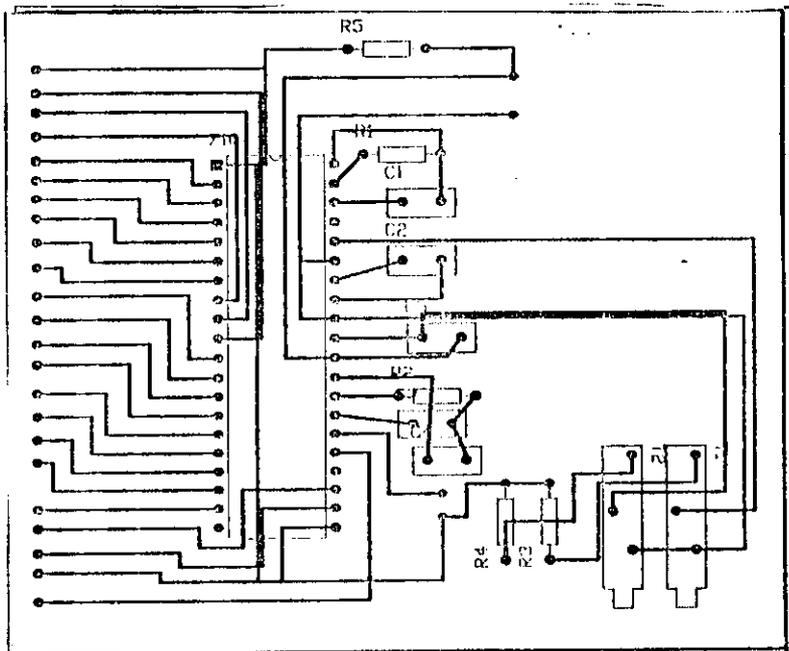


Figura IX - Placa do circuito do termômetro

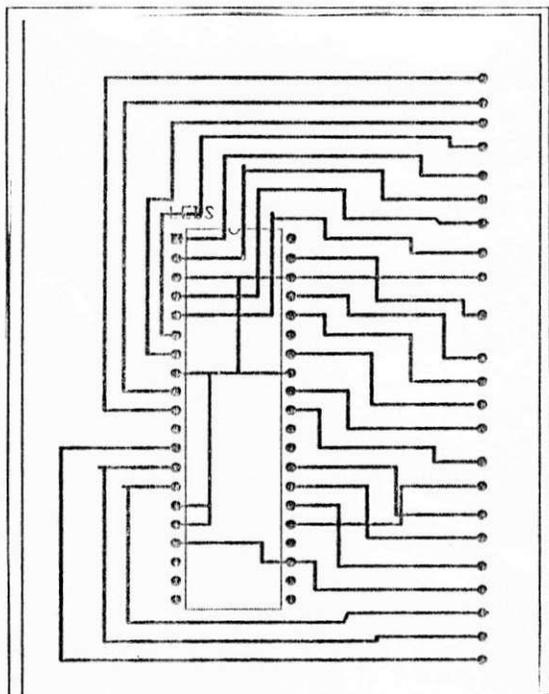


Figura X - Placa do display de leds

5 Sugestão para continuação do projeto

Como foi descrito no resumo deste relatório, o termômetro digital por mim desenvolvido nada mais é do que um sistema isolado que foi projetado para ser usado em um medidor de umidade.

Trabalhando sob a mesma perspectiva, eu proponho que outros estagiários desenvolvam os projetos restantes para que o sistema do determinador de umidade fique completo.

Os próximos projetistas devem ter em mente que todos os sistemas isolados do medidor de umidade, como a medição de temperatura, medição de resistência e medidor de pressão devem ser compatíveis entre si, ou seja, usem a mesma fonte de alimentação e respeitem a estrutura mecânica do medidor de umidade.

Proponho por último que outro estagiário desenvolva a atualização tecnológica do medidor de umidade em questão através de um sistema de aquisição de dados controlado por microprocessador e que também desenvolva uma nova estrutura externa para o mesmo, visto que suas dimensões de muito se reduziriam.

6 Conclusão

Pode-se afirmar que, embora o período em que foi realizado tenha sido curto, o estágio foi muito proveitoso, pois pôde-se verificar na prática grande parte da teoria vista no decorrer do curso de graduação. Também foi uma oportunidade de conviver com os profissionais da área no campo de trabalho. O estágio conseguiu atingir suas metas gerais e específicas, descritas no início deste relatório, graças ao apoio da equipe do laboratório e ao orientador técnico e que sempre se esforçou para me guiar no decorrer deste projeto.

7 Bibliografia

1. J. Gava, Altanir

Princípios de Tecnologia de Alimentos

Editora Nobel

2. Manual da Intersil

ICL 7106, 7107 3 1/2 Digital Single Chip A/D Converter

3. Sedra, Adel S., Smith Kenneth C.

Microelectronic Circuits

Sounders College Publishing

4. Daher, Sergio

Relatório de Estágio

Campina Grande 1995

5. Manual do Usuário do Protel