

Objetivos

Pretende-se com o presente trabalho o desenvolvimento de um sistema de controlo em malha fechada para controlo do nível de água de um reservatório, a implementar com recurso a um microcontrolador PIC 18F46K22.

Na Figura 1 é apresentado um diagrama de blocos geral do sistema a implementar.

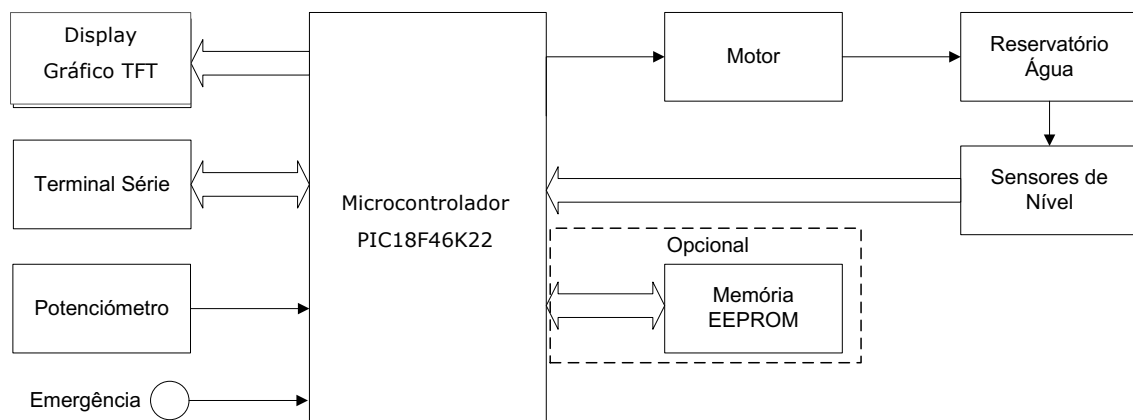


Figura 1 – Diagrama de blocos geral do sistema

O sistema deverá fazer o controlo do nível de água do reservatório implementando um sistema de controlo em malha fechada, de modo a que o nível de água seja controlado de forma automática, através da ativação do motor do sistema de bombagem de água, mantendo o reservatório com um determinado nível de água de referência constante.

O sistema deverá então, de forma contínua e periódica, fazer a aquisição dos sensores de nível para determinar o nível atual do reservatório, e comparando esse nível medido com o nível de

referência pretendido para o reservatório, calcular o erro de nível, que pode ser descrito pela seguinte expressão:

$$\text{erro_nivel} = \text{nivel_ref} - \text{nivel_real}$$

Em função do erro de nível calculado, o sistema deverá então atuar o motor de bombagem de água para o reservatório em conformidade, permitindo a anulação do *erro*, ou seja, para que o nível de água no reservatório iguale o nível de referência pretendido para o mesmo.

A Figura 2 apresenta um diagrama representativo do método de controlo que o sistema deverá implementar.

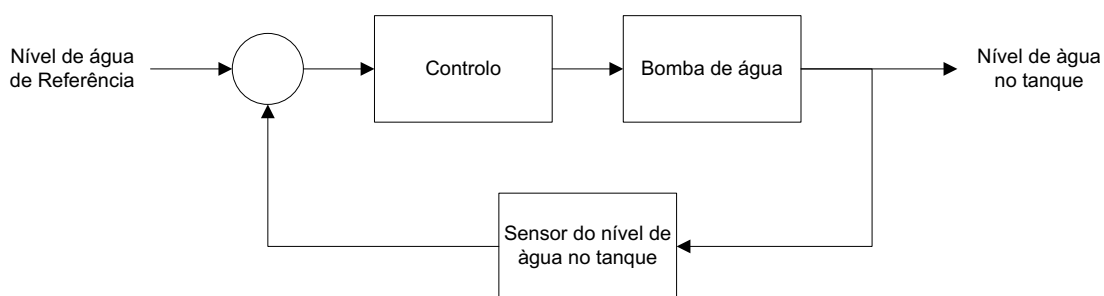


Figura 2 – Mecanismo de controlo da bomba de água do reservatório

O valor de referência do nível de água do tanque poderá ser definido pelo utilizador de duas formas, usando o potenciómetro ou a *interface* série.

Deve ser escolhida uma taxa de controlo para o sistema (periodicidade com que o sistema compara os níveis real do reservatório e de referência e atua a bomba de água corrigir o erro entre ambos) que simultaneamente garanta a estabilidade do sistema e que tenha uma resposta rápida, atingindo rapidamente o ponto de referência.

Sensores de Nível

O sistema deverá fazer a aquisição contínua e periódica dos diversos sensores de nível presentes no reservatório de água, para assim determinar o nível atual de água no tanque.

A leitura dos respetivos sensores de nível dará ao microcontrolador a percentagem de nível de água presente no reservatório (0% para reservatório vazio, 100% para reservatório cheio), com uma resolução de 10%.

Os sensores de nível deverão ser adquiridos continuamente e periodicamente, devendo a cadência de aquisição ser a mesma que a utilizada para o controlo da malha fechada do sistema.

Os sensores de nível utilizados disponibilizam uma *interface* de dados paralela com 10 *bits*, onde o nível lógico ‘0’ indica que o sensor está submerso, ou seja, que existe água ao nível do sensor, e o nível lógico ‘1’ indica que o sensor está a descoberto, ou seja, que não existe água no nível medido pelo respetivo sensor.

Sistema de Bombagem de Água

De modo a controlar o nível de água no reservatório, o microcontrolador deverá fazer a atuação do motor de controlo da bomba de água que efetua o enchimento do tanque, atuando o motor em conformidade com o erro de nível de água determinado, com o objetivo final de manter um nível de água constante no reservatório.

O controlo da bomba de água do reservatório é feito diretamente através da ativação ou desativação de um sinal digital *on/off*, que permitirá ligar e/ou desligar, respetivamente, o respetivo motor de bombagem de água.

Interface Homem Máquina

O sistema deverá ainda implementar uma *interface* homem máquina para indicação do estado atual de funcionamento do sistema, nomeadamente:

- Sistema de controlo ligado;
- Sistema de controlo desligado;
- Bomba de água em atuação.

Esta interface homem máquina será implementada com recurso a um semáforo com 3 indicadores visuais, que serão respetivamente utilizados para notificação dos estados anteriormente referidos, e com os seguintes comportamentos de atuação:

- Indicador de sistema ligado: desligado quando o sistema de controlo estiver desligado, ativo com uma periodicidade de 2 Hz quando o sistema de controlo estiver ativo;

- Indicador de sistema desligado: desligado quando o sistema de controlo estiver ativo, ligado (estaticamente) se o sistema estiver parado;
- Indicador de bomba de água em atuação: ligado enquanto o motor da bomba de água for ativo.

Deverá existir ainda um indicador sonoro (*buzzer*) que será ativo sempre que o reservatório atingir a capacidade máxima de 100%. O *buzzer* deve ser atuado continuamente por meio de um sinal de PWM modulado com uma frequência na gama audível, de modo a que o som gerado seja audível pelo utilizador.

Display

O sistema a implementar deverá ser equipado com um display gráfico TFT (e opcionalmente um display LCD) que permita a cada instante e em tempo real a visualização do estado de funcionamento atual do sistema de controlo do nível de água, nomeadamente:

- A percentagem atual do nível de água no reservatório;
- A percentagem de referência de nível pretendida para o reservatório.

Esta informação deverá ser atualizada no display a cada ciclo de operação do sistema de controlo em malha fechada.

Potenciómetro

O sistema a implementar deverá possuir um potenciómetro que permita definir a percentagem de nível de água de referência. A saída do potenciómetro será uma tensão analógica na gama de 0 a 5 *volt* que deverá ser diretamente proporcional à referida percentagem.

O estado do potenciómetro deverá ser adquirido continuamente a cada ciclo de operação do sistema de controlo em malha fechada.

Botão de emergência

O sistema a implementar deverá possuir um botão de emergência do tipo *switch* que permita desligar a bomba quando este for acionado (interruptor fechado). Quando o interruptor é aberto, o controlo do sistema deverá ser reativado. A entrada digital associada a este botão deverá ser implementada no microcontrolador com recurso a interrupções externas.

Interface Série

O sistema a implementar deverá possuir um *interface* série de utilizador, acessível ao exterior, que permita a monitorização e configuração do funcionamento do sistema.

Esta *interface* deverá permitir ao utilizador as seguintes operações:

- Desligar a bomba de água do reservatório;
- Ligar o sistema de controlo do nível de água do reservatório através de um dos mecanismos de existentes, apresentando as opções:
 - Potenciómetro
 - *Interface* série
- Visualizar o valor atual da percentagem de nível de água no reservatório;
- Visualizar o valor atual programado para o nível de água de referência;
- Programar um novo valor de percentagem de referência do nível de água (qualquer valor inteiro entre 0% e 100%). Esta opção deverá estar disponível apenas quando o controlo está ligado no modo *interface* série;

A *interface* série de comunicação deverá ser implementada de tal forma a que seja possível a sua ligação a um terminal série remoto, por exemplo, a uma porta série de um computador.

Módulo Opcional - Registo em Memória

A implementação deste módulo é facultativa, servindo apenas para valorizar o trabalho.

De modo a se obter um registo permanente do funcionamento do sistema, este deverá possuir uma memória do tipo EEPROM não volátil, que permita o registo periódico e contínuo do ponto de funcionamento atual do sistema, nomeadamente:

- A percentagem do nível de água no reservatório;

- A percentagem do nível de água de referência programada;

A periodicidade de registo da informação na memória EEPROM deverá ser a mesma que a utilizada para a implementação do sistema de controlo em malha fechada, de modo a garantir a coerência entre os parâmetros utilizados para o controlo do sistema e os parâmetros que são armazenados no registo de funcionamento.

O registo do sistema deverá ter uma capacidade mínima de armazenamento do registo de funcionamento dos últimos 5 minutos. A visualização do registo de funcionamento do sistema será feita na *interface* série, apresentando as últimas n entradas do mesmo, sendo que o número de entradas n será definido pelo utilizador no momento da consulta.

Notas de Implementação

O trabalho deverá ser desenvolvido e testado recorrendo ao *software* de simulação Proteus VSM. Os indicadores visuais de estado do sistema serão simulados por meio do modelo de semáforo “*TRAFFIC LIGHTS*” do Proteus VSM.

Será disponibilizado na plataforma de *e-learning* um exemplo concreto da ligação do motor da bomba de água e dos sensores de nível que implementam o sistema do reservatório de água, para auxílio dos alunos.

O indicador sonoro de alarme (*buzzer*) deverá ser simulado com recurso ao modelo “*BUZZER (DC Operated Buzzer)*” do Proteus VSM. Dado que este altifalante funciona com tensões de 12V, será necessário implementar um circuito de *interface* de potência entre a saída PWM do microcontrolador e a alimentação do *buzzer*.

Especificações de Implementação

Para cada turma prática laboratorial existirá uma versão das especificações de implementação, descrita no documento “Regras Mini Projeto Microprocessadores”, presente na página da disciplina no Moodle.

- **Versão A**

- FOSC=14.7456 MHz
- Baud=57600 bps
- Display TFT gráfico c/ resolução 240x320 pixels c/ driver ILI9341
- LM016L 16x2 alphanumeric LCD
- 25LC256 256 kbit I2C serial EEPROM
- **Versão B**
 - FOSC=10 MHz
 - Baud=19200 bps
 - Display TFT gráfico c/ resolução 240x320 pixels c/ driver ILI9341
 - LM018L 40x2 alphanumeric LCD
 - 25LC256 256 kbit I2C serial EEPROM
- **Versão C**
 - FOSC=8 MHz
 - Baud=9600 bps
 - Display TFT gráfico c/ resolução 240x320 pixels c/ driver ILI9341
 - LM017L 32x2 alphanumeric LCD
 - 25LC256 256 kbit I2C serial EEPROM
- **Versão D**
 - FOSC=12 MHz
 - Baud=57600 bps
 - Display TFT gráfico c/ resolução 240x320 pixels c/ driver ILI9341
 - LM032L 20x2 alphanumeric LCD
 - 25LC256 256 kbit I2C serial EEPROM
- **Versão E**
 - FOSC=10 MHz
 - Baud=38400 bps
 - Display TFT gráfico c/ resolução 240x320 pixels c/ driver ILI9341
 - LM016L 16x2 alphanumeric LCD
 - 25LC256 256 kbit I2C serial EEPROM
- **Versão F**
 - FOSC=6 MHz
 - Baud=115200 bps
 - Display TFT gráfico c/ resolução 240x320 pixels c/ driver ILI9341
 - LM018L 40x2 alphanumeric LCD
 - 25LC256 256 kbit I2C serial EEPROM