

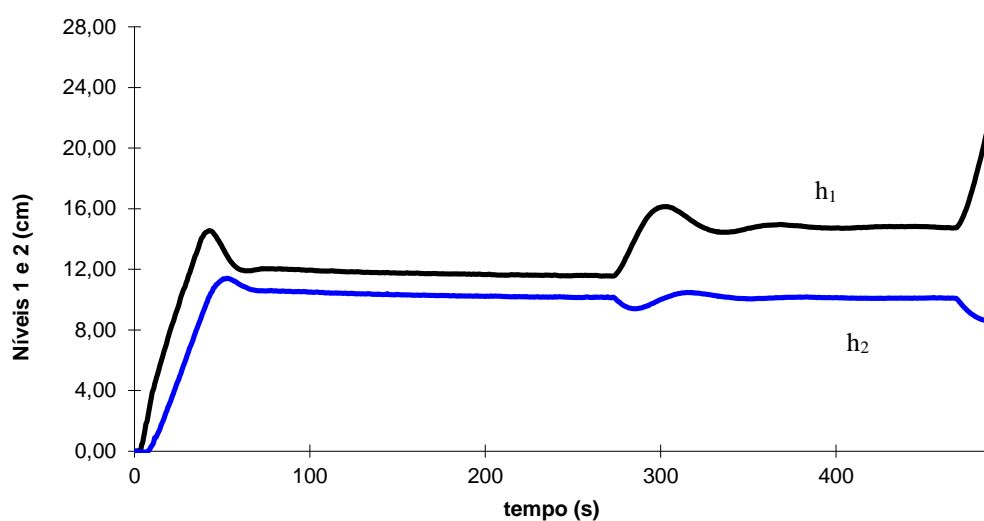
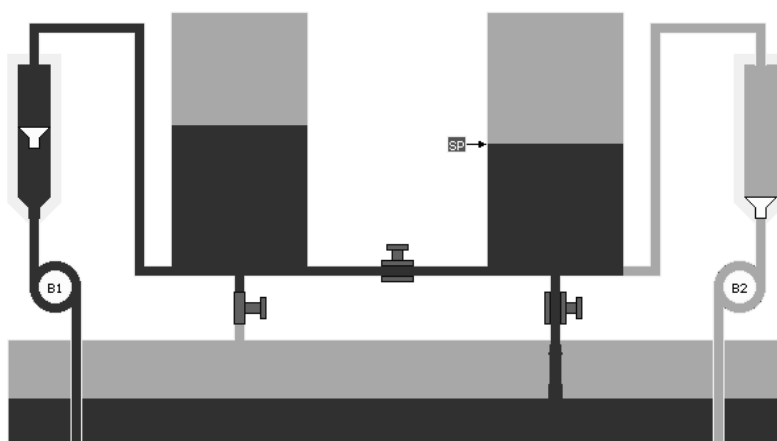



ISEL
INSTITUTO SUPERIOR DE
ENGENHARIA DE LISBOA

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELETROTÉCNICA DE ENERGIA E AUTOMAÇÃO

CONTROLO DE SISTEMAS

Guia laboratorial nº 2 – **CONTROLO DE NÍVEL**



	ISEL <small>INSTITUTO SUPERIOR DE ENGENHARIA DE LISBOA</small>	Secção de Automação e Eletrónica - DEEEA Controlo de Sistemas (Laboratório)	T2 – Controlo de Nível Data: Abril 2022
---	--	--	--

INTRODUÇÃO

Este trabalho está dividido em 3 partes:

1ª Parte – Estudo de Sistemas de 1ª ordem

Estudo das características de um tanque hidráulico (sistemas de 1ª ordem) $\Rightarrow \frac{K}{\tau s + 1}$

2ª Parte – Estudo de Sistemas de 2ª ordem

- Controlo em cadeia fechada do nível de um Sistema hidráulico com 1 Tanque, com controlo proporcional e integral;
- Controlo em cadeia fechada do nível de um Sistema hidráulico com 2 Tanques Interactivos, com controlo proporcional.

3ª Parte – Estudo de Sistemas de 3ª ordem

- Controlo em cadeia fechada do nível de um Sistema hidráulico com 2 Tanques Interactivos com controlo proporcional e integral.

Informações para o trabalho 2 - Controlo de Nível

***Nota 1:** O Guia Laboratorial deverá ser lido antes de inicializar o trabalho de Laboratório, de modo que o grupo possa finalizar o trabalho no tempo previsto, (1h30m), e que os alunos estejam aptos a responder a questões relacionadas com o trabalho prático.*

***Nota 2:** As questões de 1.1 e 1.2 devem ser resolvidas previamente ao ensaio laboratorial.*

***Nota 3:** Todas as experiências presentes neste trabalho têm o mesmo esquema de ligações (páginas 8 e 9) e a comunicação entre o pc e o kit é efetuada pela porta série nº 1.*

Depois de ligar a alimentação da bancada, ligue o computador e seleccione o sistema operativo Windows 98. Depois deve ligar o interruptor interno do módulo CE105.

O software deste trabalho, CSNIVEL, encontra-se no ambiente de trabalho do PC.

***Nota 4:** A data da apresentação dos trabalhos será colocada na página da disciplina no Moodle.*

Todos os resultados devem ser apresentados no seguinte formato:

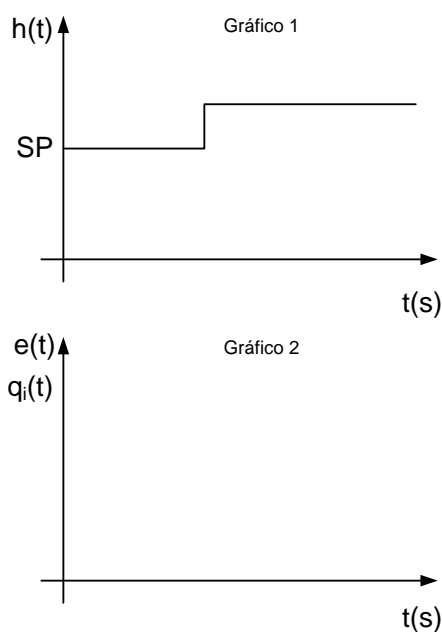


Fig. 1 – Exemplo do esquema de apresentação de resultados pretendido na Apresentação Final (em Powerpoint)

Por cada ensaio devem ser apresentados dois gráficos, cada um com duas curvas.

Estes gráficos são obtidos com base nos dados gravados durante o ensaio (ficheiro txt).

Os dados do ficheiro txt obtidos no laboratório devem ser posteriormente convertidos para dados manipuláveis em células no Excel (Anexo III).

O gráfico 1 deverá incluir o sinal de referência (Set-Point) e o sinal de saída do sistema ou sinal controlado (nível h_1 ou h_2).

No gráfico 2 pretende-se observar o sinal de erro $e(t)=r(t)-h(t)$ e o sinal manipulado q_i (caudal da bomba ou sinal de entrada no tanque).

A unidade no eixo dos YY é volt e ambos os gráficos devem apresentar a mesma escala temporal no eixo dos xx (segundos).

Os sinais pretendidos nos gráficos estão identificados no seguinte diagrama de blocos:

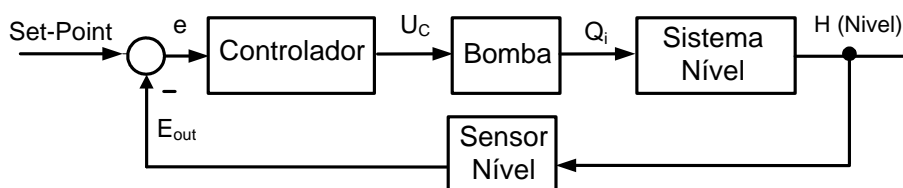


Fig. 2 – Diagrama de blocos do Sistema de Controlo de Nível (disponível no Laboratório)

1ª Parte: Estudo de Sistemas de 1ª ordem

Nesta parte inicial do trabalho, pretende-se que o aluno seja capaz de determinar as características dum sistema dinâmico de 1ª ordem, ou seja, a constante de tempo (τ) e o ganho do sistema (K).

1.1 Comando em cadeia aberta

Considere a resposta temporal obtida no laboratório (Fig. 3) em cadeia aberta com um tanque. Esta resposta temporal, que serve para obter as características de um sistema de 1ª ordem, foi obtida num ensaio em cadeia aberta, onde por volta dos 512 s foi aplicado um escalão de posição de 1V na tensão de alimentação da bomba (equivale a um escalão de 2.5 cm porque a constante do sensor de nível é 0.4V/cm).

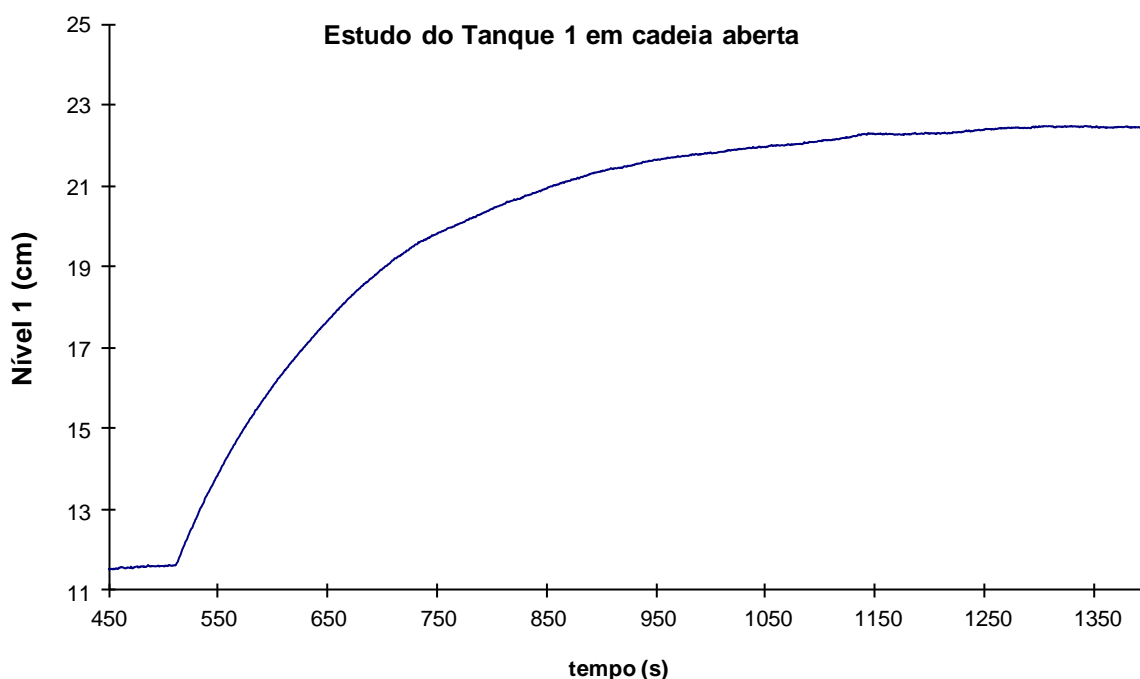


Fig. 3 – Resposta temporal do nível do tanque 1 a um escalão de posição na alimentação da bomba;

1.1.1 – Com base na representação temporal da resposta em cadeia aberta, determine o ganho do sistema (K), a constante de tempo (τ) e a resistência da válvula B (R). Considere a capacitância do tanque 1 igual a 100 cm².

1.2 – Estudo das características de sistemas de 1ª ordem $\Rightarrow \frac{K}{\tau s + 1}$

Considere o sistema de 1ª ordem representado pelo diagrama de blocos indicado abaixo (Fig. 4a), o qual apresenta uma resposta indicial conforme a resposta junta (Fig. 4b).

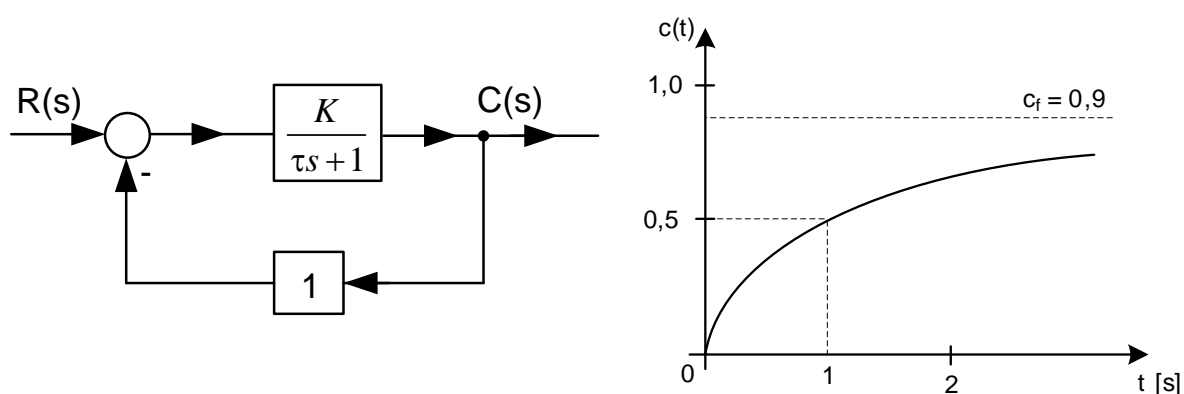


Fig. 4 – a) Diagrama de blocos em cadeia fechada, com retroacção negativa e unitária;
 b) Resposta temporal do sistema em cadeia fechada a um escalão de posição

1.2.1 – Determine o valor dos parâmetros K e τ .

1.2.2 – Determine a expressão numérica do erro do sistema e confirme a partir dela o valor de e_f indicado na curva $c(t)$ acima.

1.2.3 – Implemente o diagrama da Fig. 4a) no Matlab/Simulink e aplique na entrada do sistema os seguintes sinais de entrada (em separado): $u(t)$ ou escalão de posição unitário e t (rampa).

Tire conclusões sobre a Exatidão.

2ª Parte: Estudo de Sistemas de 2ª ordem (Ensaio 1 e 2)

O objectivo deste ensaio consiste em controlar em cadeia fechada o nível um Sistema hidráulico com 1 Tanque, usando um controlador proporcional integral (PI).

Equipamento Necessário:

Tanques Acoplados (CE105)	Controlador (CE122)
Computador (gravador de gráficos)	Software CSNIVEL

Procedimento Experimental

No dispositivo CE105 coloque as válvulas nas seguintes posições: A = 0; B = 2; C = 0

No Software seleccione o modo – **Controlar**

No *Menu Opções / Parâmetros* coloque:

- * Canais a visualizar: **Set-Point; Nível 1; Caudal**
- * Unidades de Leitura dos canais: Físicas
- * Limites do sinóptico : [0 – 10000]
- * Controlo Nível 1
- * Abertura das válvulas A = 0 B = 2 C = 0
- * Ganhos do controlador $K_P=2$ $K_I=0.1$
- * Referência : 10 cm
- * Degrau : 2.5 cm

OK

No *Menu Opções / Porta Série: 1*

Na janela do Menu, **Visualizar**, escolha o Sinóptico 1, e inicie a Experiência através da tecla **F1**.

Quando o nível 1 estabilizar no valor da ref.^a pretendida, aplique um escalão de posição (2.5 cm), tecla **F10**, de modo a estudar a correcta resposta do sistema (sem saturações e não linearidades) para estes parâmetros de controlador PI.

Quando a resposta do sistema voltar a estabilizar, pare a experiência, tecla **F5**, e grave os dados com o nome: **Water1**

Para realizar o 2º ensaio deste trabalho, repita todos os procedimentos do ensaio anterior começando por colocar os seguintes valores no Menu **Opções – Parâmetros**:

Parâmetros do Controlador		Referência	Limites do sinóptico
$K_P=2$	$K_I=0.4$	10 cm	[0 – 10000]

Observe o efeito do aumento do ganho integral.

Grave os dados do ensaio com o nome: **Water2**

2ª Parte: Estudo de Sistemas de 2ª ordem (Ensaio 3)

O objectivo deste ensaio consiste em controlar do nível um Sistema hidráulico com 2 Tanques Interativos, usando um controlador proporcional (P).

Estudo do efeito da acção proporcional do Controlador P e relação com o tema Exatidão.

Procedimento Experimental

No dispositivo CE105 coloque as válvulas nas seguintes posições: A = 5 ; B = 0 ; C = 3

No *Menu Opções / Parâmetros* coloque :

- * Canais a visualizar: **Set-Point; Nível 2; Caudal**
- * Unidades de Leitura dos canais: Físicas
- * Limites do sinóptico : [0 – 4500]
- * Controlo Nível 2
- * Abertura das válvulas A = 5 B = 0 C = 3
- * Ganhos do controlador $K_P = 3$ $K_I = 0$
- * Referência : 10 cm

No *Menu Opções / Porta Série*: 1

Na janela do Menu, **Visualizar** , escolha o Sinóptico 1, e inicie o ensaio através da tecla .

Quando a resposta temporal $h_2(t)$ estabilizar, registe o valor do nível 2 que aparece no Sinóptico, e de seguida, **sem parar o ensaio**, aumente o ganho proporcional de 3 para 5 pressionando duas vezes na tecla e permita que o sistema estabilize.

Sem parar a experiência, repita o procedimento para os ganhos $K_P = 7$ e finalmente para $K_P = 9$.

Registe os valores do nível 2 na Tabela do controlo Proporcional e calcule o valor do erro.

GANHO K_P	REFERÊNCIA (cm)	NÍVEL 2 (cm)	ERRO (cm)
3	10		
5	10		
7	10		
9	10		

Tabela do Controlo Proporcional

Depois de ter preenchido a tabela, pare a experiência () e grave os dados do ensaio com o nome: **Water3**

3ª Parte: Estudo de Sistemas de 3ª ordem (Ensaio 4)

O objectivo deste ensaio consiste em controlar em cadeia fechada o nível um Sistema hidráulico com 2 Tanque Interativos (2ª ordem), usando um controlador proporcional integral (1ª ordem). A ordem do sistema global (grau da FTCF) poderá ser de 3ª ordem ou de 2ª ordem, dependendo dos valores dos ganhos do controlador PI (depende se existe cancelamento ou não do polo dominante).

Procedimento Experimental

Coloque a válvula C do dispositivo CE105 na posição $C = 2.5$

No *Menu Opções / Parâmetros* coloque:

- * Canais a visualizar: **Set-Point; Nível 2; Caudal**
- * Unidades de Leitura dos canais: Físicas
- * Limites do sinóptico : [0 – 10000]
- * Controlo Nível 2
- * Abertura das válvulas $A = 5$ $B = 0$ $C = 2.5$
- * Ganhos do controlador $K_P = 3$ $K_I = 0.3$
- * Referência : 10 cm
- * Degrau : 2 cm

OK

No *Menu Opções / Porta Série*: 1

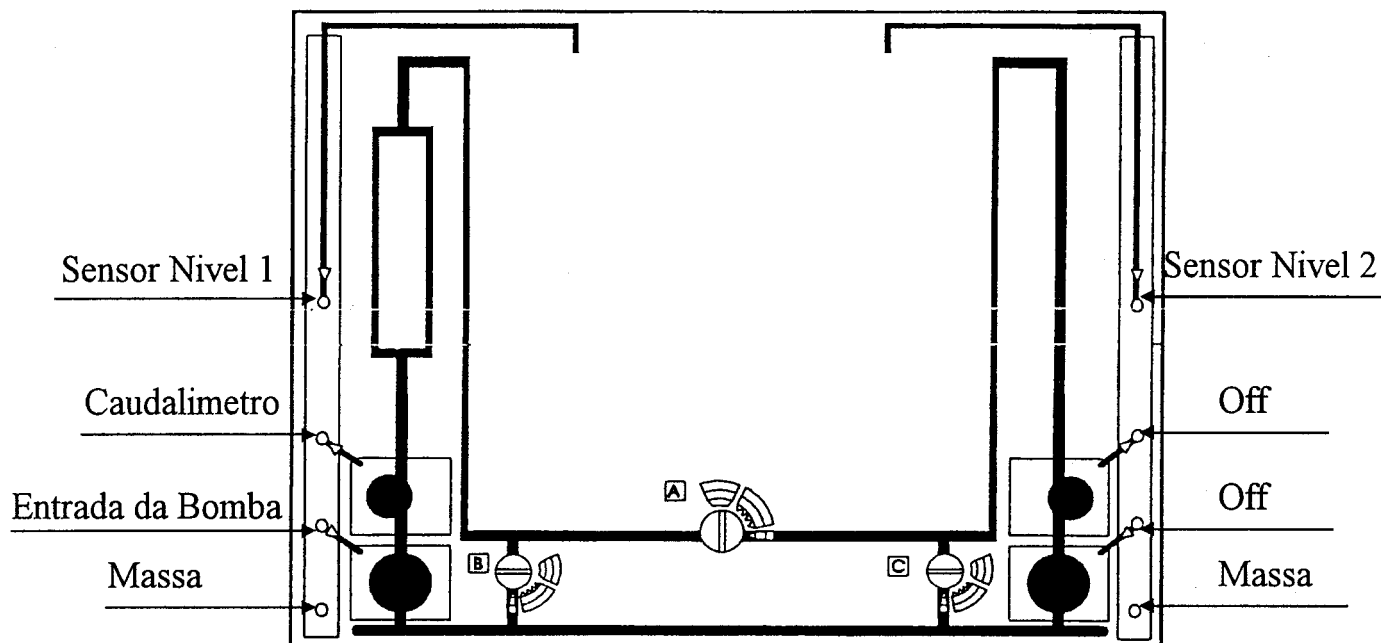
Na janela do Menu, **Visualizar**, escolha o Sinóptico 1, e inicie a Experiência através da tecla F1.

Quando o nível 2 estabilizar, aplique um escalão de posição de 2 cm \Leftrightarrow 800mV, com a (tecla F10), de modo a iniciar o estudo do controlo proporcional e integral.

Quando a resposta voltar estabilizar, grave os dados desta experiência com o nome: **Water4**

Fim do Guia Laboratorial T2 – Controlo de Nível

ANEXO I - FOLHA DE APOIO AO TRABALHO DOS TANQUES (CE105)



DESCRIÇÃO DOS VÁRIOS CANAIS NOS CONVERSORES

Conversor
A/D

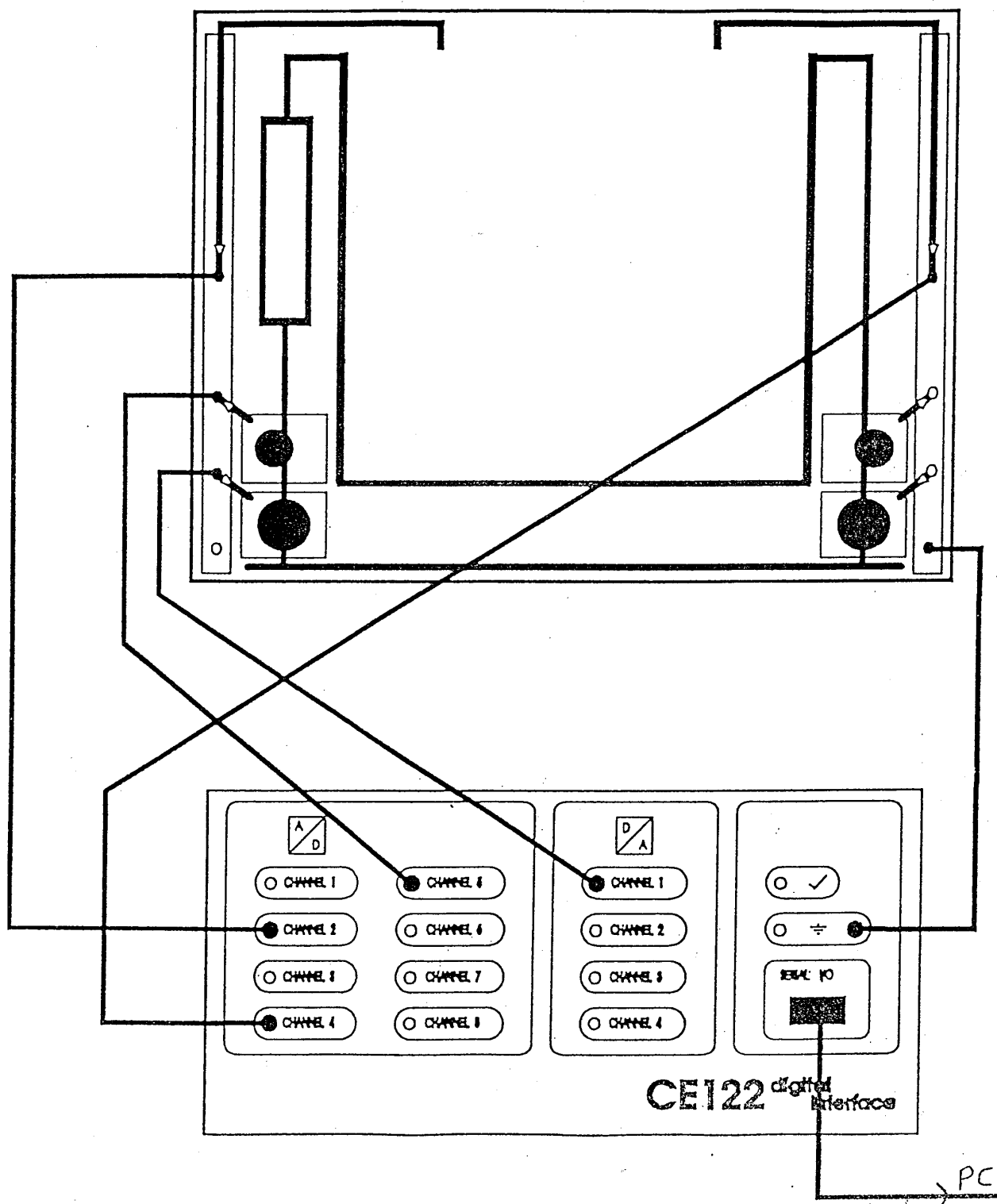
		Designação	Obs.	Cores
Canal 1	➔	SET-POINT	(opcional)	Vermelho
Canal 2	➔	NIVEL 1	(transdutor [0;10] V)	Ciano
Canal 3	➔	SAIDA	não precisa de ligação	Amarelo
Canal 4	➔	NIVEL 2	(transdutor [0;10] V)	Branco
Canal 5	➔	TAXA DE FLUIDO	(transdutor [0;10] V)	Verde
Canal 6	➔			Azul claro
Canal 7	➔			Cinza claro
Canal 8	➔			Magenta


Conversor
D/A

		Designação	Obs.	Cores
Canal 1	➔	SAIDA	Saída da bomba [-10;+10V]	
Canal 2	➔			
Canal 3	➔			
Canal 4	➔			



ANEXO II - ESQUEMA DE LIGAÇÕES



	ISEL <small>INSTITUTO SUPERIOR DE ENGENHARIA DE LISBOA</small>	Secção de Automação e Eletrónica - DEEEA Controlo de Sistemas (Laboratório)	T2 – Controlo de Nível Data: Abril 2022
---	--	--	---

ANEXO III - Abertura de Ficheiros no EXCEL

Trabalho 2 – Controlo de Nível

Programa : CSNIVEL → Ficheiros de extensão **txt**

Procedimentos de abertura:

- Entrar no Excel
- Abrir→ Em ***Ficheiros do Tipo:*** Seleccionar ***Abrir todos os ficheiros*** → abrir o txt
- Seguinte
- Delimitadores – (Espaço)
- Seguinte → Terminar
- Obtenha o gráfico do nível em função do tempo (Gráfico de Dispersão XY).