



CARRERA DE ESPECIALIZACIÓN EN SISTEMAS EMBEBIDOS

MEMORIA DEL TRABAJO FINAL

Desarrollo de un sistema embebido para un titulador potenciométrico automático

Autor:

Ing. Fernando Ezequiel Daniele

Director:

Dr. Javier Andrés Redolfi(UTN FRSFCO)

Jurados:

Esp. Ing. Alexis Pojomovsky (Ekumen, FIUBA)

Mg. Ing. Leandro Lanzieri Rodriguez (UTN FRA - HAW Hamburg)

Mg. Ing. Christian Yanez Flores (FIUBA)

*Este trabajo fue realizado en la ciudad de San Francisco,
entre junio de 2020 y septiembre de 2021.*

Resumen

La presente memoria describe el desarrollo e implementación de un sistema embebido que permite automatizar el método de análisis químico denominado titulación o valoración. El sistema realiza la medición de pH de la muestra a analizar mientras se agrega volúmenes controlados de una sustancia conocida, para hallar el punto en el cual ambas sustancias reaccionan. El trabajo se enmarca dentro un proyecto de investigación y desarrollo de la UTN FRSFco, que busca ofrecer un titulador de bajo costo para el laboratorio de servicios de la facultad.

Para el desarrollo de sistema se aplicó una arquitectura de software modular y se utilizaron conceptos de sistemas de tiempo real, comunicaciones, protocolos, máquinas de estado y diseño de circuitos impresos.

Índice general

Resumen	I
1. Introducción general	1
1.1. Concepto de titulación	1
1.1.1. Curvas de titulación	1
1.2. Descripción de tituladores automáticos	1
1.3. Estado del arte	2
1.4. Motivación	2
1.5. Objetivos y alcance	2
1.6. Bibliografía	2
2. Introducción específica	5
2.1. Electroodos de pH	5
2.2. Bombas peristálticas	5
2.3. Otras tecnologías utilizadas	5
2.4. Requerimientos	5
3. Diseño e implementación	7
3.1. Arquitectura del sistema	7
3.2. Medición de pH y control de la bomba	8
3.3. Interfaz de usuario	8
3.4. Almacenamiento de datos	8
3.5. Servidor web	8
3.6. Esquemáticos y PCB	8
4. Ensayos y resultados	9
4.1. Banco de pruebas	9
4.2. Pruebas unitarias	9
4.3. Validación y verificación	9
5. Conclusiones	11
5.1. Resultados obtenidos	11
5.2. Trabajo futuro	11

Índice de figuras

1.1. Entorno de trabajo de texMaker.	2
--	---

Índice de tablas

Capítulo 1

Introducción general

En este capítulo se presentan los conceptos necesarios para comprender el método de titulación y el funcionamiento de los tituladores automáticos, así como también se realiza una exploración de trabajos de I+D y productos comerciales similares al prototipo presentado. Por último se destaca el origen de la propuesta y los objetivos y alcances del trabajo realizado.

1.1. Concepto de titulación

Los métodos de titulación o valoración se basan en medir la cantidad de un reactivo de concentración conocida, denominado titulante, que es consumida por un analito durante una reacción química o electroquímica. En una titulación se determina el volumen o la masa de titulante necesaria para reaccionar completamente con el analito, y este dato permite calcular la cantidad del analito presente en una muestra. El punto de equivalencia de la reacción, conocido como punto final cuando es determinado de manera experimental, se puede determinar por el cambio de color en un indicador o por el cambio en una respuesta instrumental, como por ejemplo, el pH [BOOK:2].

El punto de equivalencia es el punto teórico que se alcanza cuando la cantidad de titulante añadido es químicamente equivalente a la cantidad de analito en la muestra y no puede determinarse de manera experimental. En cambio, se puede estimar su valor en base al punto final, que se da cuando se observa una variación física asociada con la condición de equivalencia [BOOK:1].

Los cambios o variaciones físicas que más se utilizan en la actualidad son:

- Cambio de color: es la técnica que se utiliza de manera manual en el laboratorio de la UTN FRSFco.
- Cambio en el potencial de un electrodo de pH: es la técnica que se utilizó para este trabajo y se detalla en la sección 1.2.

1.1.1. Curvas de titulación

Alguna subsubseccion por si la nesito

1.2. Descripción de tituladores automáticos

Ejemplo en la figura 1.1.

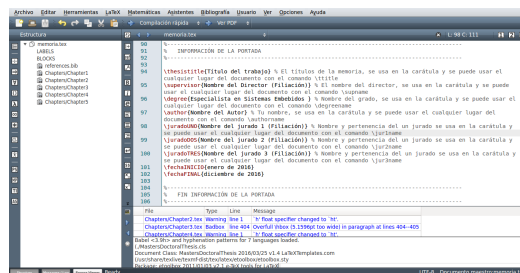


FIGURA 1.1. Entorno de trabajo de texMaker.

1.3. Estado del arte

- Capítulo 1: Introducción general
- Capítulo 2: Introducción específica
- Capítulo 3: Diseño e implementación
- Capítulo 4: Ensayos y resultados
- Capítulo 5: Conclusiones

1.4. Motivación

1.5. Objetivos y alcance

1.6. Bibliografía

Las opciones de formato de la bibliografía se controlan a través del paquete de latex *biblatex* que se incluye en la memoria en el archivo memoria.tex. Estas opciones determinan cómo se generan las citas bibliográficas en el cuerpo del documento y cómo se genera la bibliografía al final de la memoria.

En el preámbulo se puede encontrar el código que incluye el paquete biblatex, que no requiere ninguna modificación del usuario de la plantilla, y que contiene las siguientes opciones:

```
\usepackage[backend=bibtex ,
             natbib=true ,
             style=numeric ,
             sorting=none]
{biblatex}
```

En el archivo **reference.bib** se encuentran las referencias bibliográficas que se pueden citar en el documento. Para incorporar una nueva cita al documento lo primero es agregarla en este archivo con todos los campos necesario. Todas las entradas bibliográficas comienzan con @ y una palabra que define el formato de la entrada. Para cada formato existen campos obligatorios que deben completarse.

No importa el orden en que las entradas estén definidas en el archivo .bib. Tampoco es importante el orden en que estén definidos los campos de una entrada bibliográfica. A continuación se muestran algunos ejemplos:

```
@ARTICLE{ARTICLE:1 ,
  AUTHOR="John Doe" ,
  TITLE="Title " ,
  JOURNAL="Journal " ,
  YEAR="2017" ,
}

@BOOK{BOOK:1 ,
  AUTHOR="John Doe" ,
  TITLE="The Book without Title " ,
  PUBLISHER="Dummy Publisher " ,
  YEAR="2100" ,
}

@INBOOK{BOOK:2 ,
  AUTHOR="John Doe" ,
  TITLE="The Book without Title " ,
  PUBLISHER="Dummy Publisher " ,
  YEAR="2100" ,
  PAGES="100-200" ,
}

@MISC{WEBSITE:1 ,
  HOWPUBLISHED = "\url{http://example.com}" ,
  AUTHOR = "Intel" ,
  TITLE = "Example Website" ,
  MONTH = "12" ,
  YEAR = "1988" ,
  URLLDATE = {2012-11-26}
}
```

Se debe notar que los nombres *ARTICLE:1*, *BOOK:1*, *BOOK:2* y *WEBSITE:1* son nombres de fantasía que le sirve al autor del documento para identificar la entrada. En este sentido, se podrían reemplazar por cualquier otro nombre. Tampoco es necesario poner : seguido de un número, en los ejemplos sólo se incluye como un posible estilo para identificar las entradas.

La entradas se citan en el documento con el comando:

```
\citep{nombre_de_la_entrada}
```

Y cuando se usan, se muestran así: **[ARTICLE:1]**, **[BOOK:1]**, **[BOOK:2]**, **[WEBSITE:1]**.
Notar cómo se conforma la sección Bibliografía al final del documento.

Capítulo 2

Introducción específica

Introducción al capítulo

- 2.1. Electroodos de pH**
- 2.2. Bombas peristálticas**
- 2.3. Otras tecnologías utilizadas**
- 2.4. Requerimientos**

Capítulo 3

Diseño e implementación

Introducción al capítulo

3.1. Arquitectura del sistema

La idea de esta sección es resaltar los problemas encontrados, los criterios utilizados y la justificación de las decisiones que se hayan tomado.

Se puede agregar código o pseudocódigo dentro de un entorno `lstlisting` con el siguiente código:

```
\begin{lstlisting}[caption= "un epígrafe descriptivo"]
las líneas de código irían aquí...
\end{lstlisting}
```

A modo de ejemplo:

```
1 #define MAX_SENSOR_NUMBER 3
2 #define MAX_ALARM_NUMBER 6
3 #define MAX_ACTUATOR_NUMBER 6
4
5 uint32_t sensorValue[MAX_SENSOR_NUMBER];
6 FunctionalState alarmControl[MAX_ALARM_NUMBER]; //ENABLE or DISABLE
7 state_t alarmState[MAX_ALARM_NUMBER];           //ON or OFF
8 state_t actuatorState[MAX_ACTUATOR_NUMBER];       //ON or OFF
9
10 void vControl() {
11
12     initGlobalVariables();
13
14     period = 500 ms;
15
16     while(1) {
17
18         ticks = xTaskGetTickCount();
19
20         updateSensors();
21
22         updateAlarms();
23
24         controlActuators();
25
26         vTaskDelayUntil(&ticks, period);
27     }
28 }
```

CÓDIGO 3.1. Pseudocódigo del lazo principal de control.

3.2. Medición de pH y control de la bomba

3.3. Interfaz de usuario

3.4. Almacenamiento de datos

3.5. Servidor web

3.6. Esquemáticos y PCB

Capítulo 4

Ensayos y resultados

Introducción al capítulo

4.1. Banco de pruebas

La idea de esta sección es explicar cómo se hicieron los ensayos, qué resultados se obtuvieron y analizarlos.

4.2. Pruebas unitarias

4.3. Validación y verificación

Capítulo 5

Conclusiones

Introducción al capítulo

5.1. Resultados obtenidos

La idea de esta sección es resaltar cuáles son los principales aportes del trabajo realizado y cómo se podría continuar. Debe ser especialmente breve y concisa. Es buena idea usar un listado para enumerar los logros obtenidos.

Algunas preguntas que pueden servir para completar este capítulo:

- ¿Cuál es el grado de cumplimiento de los requerimientos?
- ¿Cuán fielmente se pudo seguir la planificación original (cronograma incluido)?
- ¿Se manifestó algunos de los riesgos identificados en la planificación? ¿Fue efectivo el plan de mitigación? ¿Se debió aplicar alguna otra acción no contemplada previamente?
- Si se debieron hacer modificaciones a lo planificado ¿Cuáles fueron las causas y los efectos?
- ¿Qué técnicas resultaron útiles para el desarrollo del proyecto y cuáles no tanto?

5.2. Trabajo futuro

Acá se indica cómo se podría continuar el trabajo más adelante.