

# TABLA DE CONTENIDOS

---

Agradecimientos.....	3
Tabla de contenidos .....	4
Índice de figuras .....	8
Índice de tablas.....	11
Índice de cuadros .....	12
Resumen.....	13
Abstract.....	14
1. Introducción.....	15
1.1 Contexto.....	15
1.2 Problema .....	17
1.3 Objetivos.....	18
1.3.1 General.....	18
1.3.2 Específicos .....	18
1.4 Alcances.....	19
1.5 Limitaciones.....	19
2. Marco teórico.....	20
2.1 Consumo Vampiro.....	20
2.1.1 Responsabilidad de los fabricantes .....	20
2.2 Posibles soluciones existentes en el mercado .....	21
2.3 Una solución mejorada .....	21
2.4 Hardware.....	27
2.4.1 Arduino .....	27
2.4.2 Microcontrolador .....	28
2.4.2.1 AVR .....	28
2.4.3 Electrónica.....	29
2.4.3.1 Señales TTL.....	29
2.4.3.2 <i>Pull up/Pull down</i> .....	30
2.4.3.3 Bus I <sup>2</sup> C .....	31
2.4.3.4 Potenciómetro.....	31

2.4.4	Sensor de movimientos basado en infrarrojos .....	31
2.4.5	Sensor de consumo eléctrico .....	33
2.4.5.1	Inducción Electromagnética .....	34
2.4.6	Control de dispositivos.....	34
2.4.6.1	Transistores.....	34
2.4.6.2	Optoacoplador.....	35
2.4.6.3	Relé electromecánico .....	36
2.4.7	Reloj de tiempo real .....	37
2.4.8	Pantalla LCD .....	37
2.4.8.1	Bus de datos.....	38
2.4.8.2	Transmisión de datos en serie.....	39
2.5	Software.....	40
2.5.1	Firmware .....	40
2.5.2	Procesamiento multihilo en Microcontroladores AVR .....	40
2.5.2.1	Protohilos.....	40
2.5.2.2	Diseño simple basado en interrupciones .....	41
2.5.3	Wiring .....	42
2.6	La paradoja al eliminar el consumo vampiro .....	43
2.7	En nuestro país .....	43
2.8	Resumen del capítulo.....	45
3.	Metodología.....	46
3.1	Preliminares .....	46
3.1.1	Título.....	46
3.2	Marco teórico .....	46
3.2.1	Descripción del problema.....	47
3.2.2	Consecuencias .....	47
3.3	Objetivos.....	47
3.4	Metodología .....	47
3.4.1	Diseño .....	47
3.4.2	Unidades de información .....	48
3.4.3	Universo .....	48
3.4.4	Pruebas, datos y grupo de control.....	48
3.4.5	Desarrollo del dispositivo.....	48

3.4.5.1	Metodología de desarrollo del dispositivo, software y hardware.....	48
3.4.5.1.1	Prefacio.....	49
3.4.5.1.2	Planificación.....	49
3.4.5.1.3	Versión inicial.....	49
3.4.5.1.4	Iteraciones de desarrollo.....	49
3.5	Resumen del capítulo.....	50
4.	Desarrollo.....	51
4.1	Hardware de SinStandby.....	51
4.1.1	Módulo Relé.....	52
4.1.2	Módulo reloj de tiempo real.....	53
4.1.3	Módulo sensor externo.....	53
4.1.4	Módulo sensor de consumo.....	54
4.1.4.1	Pruebas empíricas sobre el sensor de consumo.....	55
4.1.4.1.1	Método utilizado.....	55
4.1.4.1.2	Resultados.....	56
4.2	Firmware de SinStandby.....	58
4.2.1	Requisitos funcionales.....	58
4.2.2	Requisitos no funcionales.....	63
4.2.3	Módulo lcd.....	64
4.2.3.1	Inicialización del módulo gráfico.....	66
4.2.3.2	Escritura en el búfer de pantalla y envío de comandos.....	66
4.2.3.3	Otras funciones.....	67
4.2.3.4	Manejo de texto.....	68
4.2.4	Interfaz del usuario.....	69
4.2.4.1	Aspectos de retroalimentación visual y auditiva.....	70
4.2.5	Asistente de configuración.....	70
4.2.6	Sensor de consumo.....	71
4.2.7	Detección de movimientos y sensores externos.....	71
4.2.8	Interacción con el módulo de reloj de tiempo real.....	72
4.2.9	Interacción con los módulos relé.....	72
4.3	Sitio web del proyecto.....	73
4.4	Resumen del capítulo.....	74
5.	Resultados.....	75

5.1	Pruebas de consumo implícito en el nuevo SinStandby .....	75
5.2	Consumo base .....	75
5.3	Escenarios de prueba .....	76
5.4	Consumos por escenario .....	77
5.5	Cálculos de consumo mensual .....	78
5.6	Gráficas.....	80
5.7	Resumen del capítulo.....	81
6.	Conclusiones.....	82
7.	Trabajo futuro.....	83
8.	Bibliografía.....	84
9.	Anexos .....	87
9.1	Consumo por clase de dispositivo .....	87
9.2	Declaración del set de fuentes normal para el dispositivo .....	96
9.3	Prototipo 1 de SinStandby .....	98
9.4	Resultados.....	102
9.4.1	Cálculos.....	102

## ÍNDICE DE FIGURAS

---

Figura 1: Crecimiento económico y consumo energético en Chile (Fuente: CNE Política Energética) .....	16
Figura 2: Propuesta de solución mejorada .....	21
Figura 3: Esquema Maestro-Esclavo .....	22
Figura 4: Esquema de componentes de la placa Arduino .....	27
Figura 5: El entorno de desarrollo de Arduino funciona sobre Windows, Mac OS o Linux .....	28
Figura 6: Especificaciones de la norma TTL en cuanto a tiempos y voltajes .....	29
Figura 7: Diagrama del concepto <i>pull up</i> y <i>pull down</i> en un circuito TTL con un pulsador.....	30
Figura 8: Esquemático simple de una red I <sup>2</sup> C .....	31
Figura 9: Diagrama de un ejemplo de sistema de detección de movimientos.....	32
Figura 10: Lente de fresnel usado en conjunto de un PIR.....	33
Figura 11: Ecuaciones para el cálculo del consumo eléctrico .....	33
Figura 12: Medición de la corriente en una fase del cable con un amperímetro de tenaza.....	34
Figura 13: Diagrama de un transistor utilizado como conmutador.....	35
Figura 14: Esquema interno y funcionamiento de un optoacoplador .....	35
Figura 15: Partes y funcionamiento de un relé electromecánico .....	36
Figura 16: Módulo RTC que usa el típico integrado DS1307 .....	37
Figura 17: Transmisión de datos en paralelo (arriba) versus transmisión en serie (abajo) .....	38
Figura 18: Diagrama de las líneas de control y bus de datos de 8 bits enlazando el microcontrolador con una pantalla LCD .....	39
Figura 19: Comparación de tres hilos con su símil implementado con protohilos .....	40
Figura 20: Porcentajes de consumo eléctrico hogareño en Chile (Fuente: CNE, 2005) .....	43
Figura 21: Estilos de etiquetas obligatorias en Chile para ciertos aparatos eléctricos .....	44
Figura 22: Etiquetado de certificación energética en países del mundo al año 2009 (Fuente: [41])	45

Figura 23: Desarrollo evolutivo basado en prototipos .....	49
Figura 24: Diagrama de componentes físicos principales.....	52
Figura 25: Diagrama eléctrico del módulo utilizado por el nuevo SinStandby.....	52
Figura 26: Diagrama de las conexiones del RTC - DS1307 al bus I2C en el nuevo SinStandby.....	53
Figura 27: Conector para sensores externos, aislado con un optoacoplado, con selector de voltaje para el sensor.....	54
Figura 28: Diagrama físico (interno/externo) y eléctrico del TA12-200 .....	54
Figura 29: Método para la comprobación empírica/calibración de la relación entre el consumo real y medido por el TA12-200.....	55
Figura 30: Gráfico de los resultados de equivalencia entre el consumo y la medición del TA12-200 .....	57
Figura 31: Diagrama de bloques del módulo LCD.....	64
Figura 32: Gráfico de los tiempos requeridos para el modo serial de datos.....	65
Figura 33: Ejemplo de <i>shift-in</i> y <i>shift-out</i> para un byte.....	67
Figura 34: Interfaz de selección de modo operativo de la salida Esclava .....	69
Figura 35: Vista del hardware de la botonera en conjunto con la pantalla LCD .....	69
Figura 36: Vista de la pantalla inicial del asistente de configuración.....	70
Figura 37: Paso intermedio del asistente de configuración .....	71
Figura 38: Interfaz de configuración del sensor de consumo basado en un rango con un pivote promedio pre-calculado.....	72
Figura 39: Interfaz de configuración de la hora y fecha del módulo RTC.....	72
Figura 40: Interfaz de configuración de los parámetros del sensor externo .....	73
Figura 41: Vista de la página principal del sitio del proyecto disponible en <a href="http://www.sinstandby.com">www.sinstandby.com</a> . 73	73
Figura 42: Gráfica de resultados del escenario 1 .....	80
Figura 43: Gráfica de resultados del escenario 2.....	80
Figura 44: Prototipo de SinStandby en la preselección para el concurso Innovando con Energía... 98	98

Figura 45: Reportaje sobre el prototipo del aparato.....	99
Figura 46: Prototipo de SinStandby presentado en el concurso Innovando con Energía de Transelec y Casa de la Paz.....	100
Figura 47: Ficha y video promocional de SinStandby para el concurso de LG Electronics .....	101

## ÍNDICE DE TABLAS

---

Tabla 1: Comparativa de mecanismos y dispositivos para solucionar el problema del consumo vampiro .....	23
Tabla 2: Algunas operaciones con la utilización de Wiring.....	42
Tabla 3: Resultados de la muestra de valores entregados por el TA12-200 para consumos determinados .....	56
Tabla 4: Tiempos de señales en modo serial del módulo LCD .....	65
Tabla 5: Consumo base del dispositivo SinStandby .....	76
Tabla 6: Escenario 1 de prueba (PC de escritorio) .....	77
Tabla 7: Escenario 2 (Centro de televisión) .....	77
Tabla 8: Datos extras para los escenarios de prueba.....	77
Tabla 9: Cálculo de consumo por mes en el escenario 1.....	78
Tabla 10: Cálculo de consumo por mes en el escenario 2.....	78
Tabla 11: Datos extras para los escenarios de prueba.....	79
Tabla 12: Totales mensuales calculados en pesos para el escenario 1.....	102
Tabla 13: Totales mensuales calculados en pesos para el escenario 2.....	103



## ÍNDICE DE CUADROS

---

Cuadro 1: Sencillo ejemplo de una implementación de dos LEDs parpadeando a diferente frecuencia.....	41
Cuadro 2: Código de inicialización del módulo gráfico.....	66
Cuadro 3: Enviar un byte a la pantalla como datos o como comando .....	66
Cuadro 4: Código de <i>shift-out</i> para un byte.....	67
Cuadro 5: Código para limpiar la pantalla del módulo LCD .....	67
Cuadro 6: Código para establecer la memoria completa del módulo LCD.....	68
Cuadro 7: Código para enviar un comando que cambia el nivel de contraste del LCD.....	68
Cuadro 8: Código para escribir texto de forma manual en la memoria del módulo LCD.....	68
Cuadro 9: Código de lectura del sensor de corriente .....	71