

ÍNDICE

CAPÍTULO 1 INTRODUCCIÓN

1

- 1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA, 2
- 1.2 OBJETIVO, 3
- 1.3 METODOLOGÍA, 4

CAPÍTULO 2 SISTEMAS DE ILUMINACIÓN

6

2.1 TIPOS DE LÁMPARAS, 7

- 2.1.1 TÉRMINOS PARA LÁMPARAS, 8
 - 2.2.1.1 FLUJO LUMINOSO, 8
 - 2.2.1.2 NIVEL DE ILUMINACIÓN, 8
 - 2.2.1.3 TEMPERATURA DE COLOR, 9
 - 2.2.1.4 INDICE DE REPRODUCCIÓN DE COLOR, 10
 - 2.2.1.5 REFLECTANCIA, 11
 - 2.2.1.6 DEPRECIACIÓN DEL FLUJO LUMINOSO, 11
 - 2.2.1.7 EFICACIA, 11
 - 2.2.1.8 PARPADEO DE LAS LÁMPARAS (FLICKER), 12
- 2.1.2 LÁMPARAS INCANDESCENTES, 12
- 2.2.3 LÁMPARAS DE ALTA INTENSIDAD DE DESCARGA, 14
- 2.2.4 LÁMPARAS DE INDUCCIÓN, 17
- 2.2.5 LÁMPARAS LED, 18
- 2.2.6 LÁMPARAS FLUORESCENTES, 19

2.2 BALASTROS PARA LÁMPARAS FLUORESCENTES, 23

- 2.2.1 BALASTROS ELECTROMAGNÉTICOS, 23
- 2.2.2 BALASTROS ELECTRÓNICOS, 24
- 2.2.3 CLASIFICACIÓN DE LOS BALASTROS, 25
 - 2.2.3.1 BALASTROS DE ARRANQUE CON PRECALENTAMIENTO, 26
 - 2.2.3.2 BALASTROS DE ARRANQUE RÁPIDO, 26
 - 2.2.3.3 BALASTROS DE ARRANQUE INSTANTANEO, 26
 - 2.2.3.4 BALASTROS DE ARRANQUE PROGRAMADO, 27
- 2.2.4 TÉRMINOS UTILIZADOS PARA BALASTROS, 27
 - 2.2.4.1 FACTOR DE BALASTRO, 27



- 2.2.4.2 FACTOR DE EFICIENCIA DE BALASTRO (BEF), 27
- 2.2.4.3 EFICACIA , 27
- 2.2.4.4 DENSIDAD DE POTENCIA ELÉCTRICA, 28
- 2.2.4.5 ÍNDICE DE UTILIZACIÓN DE ENERGÍA, 28
- 2.2.4.6 DISTORSIÓN ARMÓNICA, 28
- 2.2.4.7 CORRIENTE DE INRUSH, 29

2.3 LUMINARIOS, 29

- 2.3.1 COMPONENTES ÓPTICOS DE LOS LUMINARIOS, 29
- 2.3.2 EFICIENCIA DE UN LUMINARIO, 30
- 2.3.3 COEFICIENTE DE UTILIZACIÓN, 31

CAPÍTULO 3 CONTROL DE SISTEMAS DE ILUMINACIÓN FLUORESCENTE

32

3.1 ESTRATEGIAS PARA EL CONTROL DE ILUMINACIÓN, 33

- 3.1.1 CONTROL POR SENSORES DE PRESENCIA, 33
- 3.1.2 CONTROL POR FOTSENSORES, 33
- 3.1.3 CONTROL POR MANTENIMIENTO DE FLUJO LUMINOSO , 35
- 3.1.4 CONTROL MANUAL, 36
- 3.1.5 CONTROL POR PLANIFICACIÓN, 37

3.2 MÉTODOS PARA EL CONTROL DE ILUMINACIÓN, 37

- 3.2.1 ENCENDIDO – APAGADO, 38
- 3.2.2 REGULACIÓN DE FLUJO LUMINOSO, 39
- 3.2.3 CONTROL LOCAL Y CENTRAL, 39
 - 3.2.3.1 SISTEMAS DE CONTROL INTEGRADO, 40
 - 3.2.3.2 PROCESADORES CENTRALES, 40
- 3.2.4 GRADO DE AUTOMATIZACIÓN, 42

3.3 EQUIPO PARA EL CONTROL DE ILUMINACIÓN, 42

- 3.3.1 INTERRUPTORES MANUALES, 42
- 3.3.2 FOTSENSORES, 43
- 3.3.3 TEMPORIZADORES, 44
- 3.3.4 SENSORES DE PRESENCIA, 45
 - 3.3.4.1 COMPONENTES, 46
 - 3.3.4.2 SENSIBILIDAD, 46
 - 3.3.4.3 TIEMPO DE RETARDO, 46
 - 3.3.4.4 SENSORES INFRARROJOS PASIVOS, 46



- 3.3.4.5 **SENSORES ULTRASÓNICOS, 47**
- 3.3.4.6 **SENSORES CON TECNOLOGÍA DUAL, 47**
- 3.3.4.7 **OPCIONES DE CONTROL, 48**
- 3.3.4.8 **CONSIDERACIONES PARA SENSORES DE PRESENCIA, 48**

- 3.3.5 **CONTROLADORES DE FLUJO LUMINOSO (DIMER), 49**
 - 3.3.5.1 **COMPONENTES DE UN SISTEMA PARA REGULACIÓN DE FLUJO LUMINOSO, 49**
 - 3.3.5.2 **TIPOS DE BALASTROS, 49**
 - 3.3.5.3 **RANGO DE REGULACIÓN, 50**
 - 3.3.5.4 **MÉTODOS DE CONTROL, 50**
 - 3.3.5.5 **CONTROL DE FASE, 51**
 - 3.3.5.6 **CONTROL ANALÓGICO CON CORRIENTE DIRECTA, 51**
 - 3.3.5.7 **CONTROL DIGITAL, 52**

CAPÍTULO 4 ELECTRÓNICA PARA LOS CONTROLES DE ILUMINACIÓN

53

4.1 DISPOSITIVOS ELECTRÓNICOS ANALÓGICOS, 53

- 4.1.1 **RESISTORES, 53**
- 4.1.2 **CAPACITORES, 54**
- 4.1.3 **INDUCTORES, 56**
- 4.1.4 **DIODOS, 57**
- 4.1.5 **FOTODIODOS, 58**
- 4.1.6 **FOTODIODO EMISOR DE INFRARROJOS, 59**
- 4.1.7 **TRANSISTORES BIPOLARES, 59**
- 4.1.8 **FOTOTRANSISTORES, 60**
- 4.1.9 **AMPLIFICADORES OPERACIONALES, 61**
- 4.1.10 **RELEVADORES, 62**

4.2 SENSORES, 63

- 4.2.1 **CLASIFICACIÓN DE LOS SENSORES, 63**
- 4.2.2 **CARACTERÍSTICAS DE LOS SENSORES, 64**
 - 4.2.2.1 **CARACTERÍSTICAS ESTÁTICAS, 64**
 - 4.2.2.2 **CARACTERÍSTICAS DINÁMICAS, 65**

- 4.2.3 **SENSORES PASIVOS INFRARROJOS (PIR), 66**
- 4.2.4 **SENSORES ULTRASÓNICOS, 67**
- 4.2.5 **FOTORRESISTENCIAS (LDR), 68**
- 4.2.6 **CELDAS FOTOVOLTAICAS, 69**



4.3 CONTROLADORES, 70

- 4.3.1 ARQUITECTURA BÁSICA, 70
- 4.3.2 UNIDADES DE MEMORIA , 71
- 4.3.3 MICROCONTROLADORES, 72

CAPÍTULO 5 DISEÑO DEL DISPOSITIVO DE CONTROL DE ILUMINACIÓN

73

5.1 FUENTE DE ALIMENTACIÓN, 73

- 5.1.1 REDUCCIÓN DE TENSIÓN, 74
- 5.1.2 RECTIFICACIÓN Y FILTRADO, 76
- 5.1.3 REGULACIÓN, 78

5.2 CIRCUITO DE DETECCIÓN DE NIVEL DE ILUMINACIÓN, 79

- 5.2.1 CENSADO Y AMPLIFICACIÓN DE CORRIENTE, 79
- 5.2.2 COMPARACIÓN, 81

5.3 CIRCUITO DETECTOR DE PRESENCIA, 85

- 5.3.1 AMPLIFICACIÓN Y FILTRADO DE LA SEÑAL DEL SENSOR PIR, 85
- 5.3.2 COMPARACIÓN DE LA SEÑAL DEL PIR, 88
- 5.3.3 EMISOR ULTRASÓNICO, 90
- 5.3.4 RECEPTOR ULTRASÓNICO, 91
- 5.3.5 DETECCIÓN, 94
- 5.3.6 CIRCUITO COMPLETO, 97

5.4 CIRCUITO DE TRANSMISION, 98

- 5.4.1 CONTROL , 98
- 5.4.2 TRANSMISION, 101

5.5 CIRCUITO CENTRAL, 105

- 5.5.1 RECEPTOR DE INFRARROJOS, 105
- 5.5.2 CONTROL, 107
- 5.5.3 ACOPLAMIENTO CON AC , 110

5.6 CARACTERÍSTICAS Y ESPECIFICACIONES, 112

CONCLUSIONES, 114

APÉNDICE, 117

BIBLIOGRAFÍA, 119



ÍNDICE DE TABLAS Y FIGURAS

- Tabla 2-1.** Comparativo de fuentes luminosas, 7
Tabla 2-2. Valores típicos de CRI para algunas Lámparas, 10
Tabla 2-3. Reflectancia de algunas superficies pintadas, 11
Tabla 2-4. Rangos típicos de factor de balastro, 27
Tabla 2-5. Rangos de distorsión armónica total para algunos balastros, 29
Tabla 2-6. Factor de utilización para luminario TBS 912/232CIREL de Philips, 31
Tabla 4-1. Tipos de memoria, 71
Tabla 5-1. Especificaciones del circuito de control, 112
Tabla A. Comparativo entre sistema actual y sistema con control, 114
Tabla B. Continuación del comparativo entre el sistema actual y el sistema con control, 115
Tabla C. Costos de fabricación por módulos, 115
- Figura 1-1.** Torre de ingeniería, 1
Figura 1-2. Diagrama general de circuitos de iluminación controlados desde interruptores, 3
Figura 1-3. Diagrama de flujo para el funcionamiento del dispositivo, 4
- Figura 2-2.** Flujo luminoso, 8
Figura 2-3. Iluminación, 9
Figura 2-4. Temperatura de color de algunas fuentes luminosas, 10
Figura 2-5. Eficacia para algunas fuentes luminosas, 11
Figura 2-6. Partes de una lámpara incandescente, 12
Figura 2-7. Efectos del cambio de tensión para una lámpara incandescente estándar de 125 V, 13
Figura 2-8. Algunos tipos de base para lámparas incandescentes (GE), 13
Figura 2-9. Tipos de filamentos y su designación (Philips), 14
Figura 2-10. Tipos de bulbos para lámparas incandescentes (Philips), 14
Figura 2-11. Algunos tipos de bases para lámparas HID, 15
Figura 2-12. Tipos de bulbo más comúnmente utilizados en lámparas HID, 15
Figura 2-13. Lámpara de vapor de mercurio, 16
Figura 2-14. Lámpara de aditivos metálicos, 16
Figura 2-15. Lámpara de sodio a alta presión, 17
Figura 2-16. Sistema de iluminación por inducción QL de Philips, 18
Figura 2-17. Algunos tipos de lámparas hechas a base de LEDs, 19
Figura 2-18. Funcionamiento de una lámpara fluorescente, 20
Figura 2-19. Bases para lámparas fluorescentes (Philips), 20
Figura 2-20. Tipos de bulbos para lámparas fluorescentes y fluorescentes compactas, 21
Figura 2-21. Circuitos básicos para precalentamiento, encendido rápido y encendido instantáneo, 25
Figura 2-22. Eficiencia del luminario y las etapas de conversión de potencia eléctrica en luz, 30
- Figura 3-1.** Configuración típica para un dimmer activado por fotosensores, 34
Figura 3-2. Gráfica típica del ahorro de energía al utilizar un dimmer, 35
Figura 3-3. Depreciación de lúmenes de las lámparas más comunes, 35
Figura 3-4. Energía utilizada y energía ahorrada en un sistema de control por compensación de depreciación de lúmenes, 36
Figura 3-5. Planificación para el funcionamiento del sistema de iluminación de un edificio, 37
Figura 3-6. Configuración para tener variación de flujo luminoso, 38
Figura 3-7. Comparativo de la reducción de flujo luminoso de los principales tipos de lámparas, 39
Figura 3-8. Sistema de control de iluminación integrado, 41
Figura 3-9. Interruptor manual comúnmente utilizado, 43
Figura 3-10. Fotosensores para el control de iluminación, 44
Figura 3-11. Algunos tipos de temporizadores comúnmente utilizados, 45
- Figura 4-1.** Símbolos más comunes para resistores y potenciómetros, 53
Figura 4-2. Algunos resistores empleados comúnmente, 54
Figura 4-3. Algunos símbolos empleados para los capacitores, 54
Figura 4-4. Tipos más comunes de capacitores, 55
Figura 4-5. Algunos tipos de inductores y su simbología, 56



- Figura 4-6.** Símbolo eléctrico y curva del diodo, 57
- Figura 4-7.** Algunos tipos de diodos, 58
- Figura 4-8.** Representación de un fotodiodo en un circuito eléctrico y su imagen real, 58
- Figura 4-9.** Emisor infrarrojo, 59
- Figura 4-10.** Funcionamiento del transistor PNP y su simbología, 59
- Figura 4-11.** Encapsulados más comunes para transistores, 60
- Figura 4-12.** Fototransistores y su representación, 61
- Figura 4-13.** Representación de un amplificador operacional y los encapsulados más comunes, 61
- Figura 4-14.** Relevador y su representación, 63
- Figura 4-15.** Configuración de un PIR y su imagen física, 66
- Figura 4-16.** Funcionamiento de un sensor PIR, 66
- Figura 4-17.** Principio de funcionamiento de un sensor ultrasónico y su imagen real, 67
- Figura 4-18.** Símbolo y apariencia de una fotorresistencia, 68
- Figura 4-19.** Arquitectura básica de un controlador, 70
- Figura 4-20.** Arquitecturas Harvard y Von Neumann, 71
-
- Figura 5-1.** Diagrama de bloques, 73
- Figura 5-2.** Reducción de tensión utilizando un capacitor, 74
- Figura 5-3.** Circuito y señales de entrada y salida del bloque de reducción de tensión, 75
- Figura 5-4.** Circuito rectificador y capacitor de filtrado, 77
- Figura 5-5.** Señal de entrada al rectificador y rizo presente a la salida del filtro, 77
- Figura 5-6.** Circuito final de fuente de alimentación, 78
- Figura 5-7.** Forma de la señal de salida, 78
- Figura 5-8.** Diagrama de bloques para el circuito de detección de nivel de iluminación, 79
- Figura 5-9.** Comportamiento de la resistencia ante la variación del nivel de iluminación, 79
- Figura 5-10.** Divisor de tensión para la obtención de V_x , 80
- Figura 5-11.** Seguidor de tensión, 81
- Figura 5-12.** Comportamiento de un comparador con histéresis, 82
- Figura 5-13.** Configuración de un comparador con histéresis, 82
- Figura 5-14.** Gráfica de las señales de entrada, salida y referencia, 83
- Figura 5-15.** Circuito final para la detección del nivel de iluminación, 84
- Figura 5-16.** Diagrama de bloques para el detector de presencia, 85
- Figura 5-17.** Circuito de amplificación y filtrado de la señal proveniente del PIR (V_a), 85
- Figura 5-18.** Segunda etapa de amplificación, 87
- Figura 5-19.** Señal de salida V_x , 88
- Figura 5-20.** Tensión en conducción y corriente de conducción para el diodo 1N 4148, 88
- Figura 5-21.** Circuito comparador de ventana, 89
- Figura 5-22.** Comparador de ventana, 90
- Figura 5-23.** Configuración del emisor ultrasónico, la señal de salida está a 41.33 kHz, 91
- Figura 5-24.** Etapa de amplificación y filtrado para el receptor ultrasónico, 92
- Figura 5-25.** Circuito con las dos etapas de amplificación para el receptor ultrasónico, 93
- Figura 5-26.** Señal de salida V_{o2} al detectarse presencia, 94
- Figura 5-26.** Circuito detector, 94
- Figura 5-27.** Señal de salida del detector (V_2), 92
- Figura 5-28.** Señal amplificada V_{amp} (azul) y salida del comparador (rojo), 92
- Figura 5-29.** Circuito amplificador final con ganancia variable (A02:C) y comparador, 96
- Figura 5-30.** Circuito completo para el detector de presencia, 97
- Figura 5-31.** Diagrama de bloques para el transmisor, 98
- Figura 5-32.** Señal de salida del microcontrolador, señal producida por el oscilador y señal transmitida a través del diodo, 98
- Figura 5-33.** Configuración del Picaxe, 99
- Figura 5-34.** Disposición del regulador y microcontrolador, 100
- Figura 5-35.** Configuración para obtener la señal deseada y circuito de activación del fotodiodo, 101
- Figura 5-36.** Comportamiento del PN 2222 en la región de saturación, 102
- Figura 5-37.** Circuito completo para el transmisor, 104
- Figura 5-38.** Diagrama de bloques para el circuito central, 105
- Figura 5-39.** Diagramas de bloques del LF 1838b, 105
- Figura 5-40.** Circuito receptor de infrarrojos, 106
- Figura 5-41.** Circuito para la recepción de las señales provenientes de los sensores, 107
- Figura 5-42.** Circuito para la activación de los relevadores, 110



- Figura 5-43.** Circuito completo para el circuito central, 111
Figura 5-44. Diagrama de conexión del dispositivo de control, 113
Figura A-1. Control remoto, 117
Figura A-2. Detector de nivel de iluminación, 117
Figura A-3. Detector de presencia, 118
Figura A-4. Control central, 118

