

ÍNDICE

AGRADECIMIENTOS	I
ÍNDICE	II
ÍNDICE DE FIGURAS	V
ÍNDICE DE TABLAS	IX
INTRODUCCIÓN	X

Capítulo 1. El corazón y sus Enfermedades	1
1.1 Arritmias Cardiacas.....	2
1.2 Infarto Agudo de Miocardio	3
1.3 Miocarditis.....	5
1.4 Isquemia Silenciosa	7
1.5 Enfermedad de Kawasaki	9
1.6 Síndrome de QT Largo	11
1.7 Síndrome de Marfan	13
1.8 Pericarditis.....	14

Capítulo 2. Instrumentación Médica	17
2.1 Historia de la Instrumentación Médica	18
2.1.1 Primera Instrumentación Médica.....	18
2.1.2 Instrumentación en el Siglo XX	21
2.2 Tipo de Instrumentación Médica	23
2.2.1 Instrumentación para Diagnóstico	24
2.2.2 Instrumentación para Monitorización.....	25
2.2.3 Instrumentación para Electrocirugía.....	26

2.2.4 Instrumentación para Terapia/Rehabilitación	27
2.3 Electrocardiógrafo.....	28
2.3.1 Aplicación del Electrocardiógrafo	28
2.3.2 Tipos de Electrocardiógrafos.....	29
2.3.3 Colocación de las Derivaciones (Electrodos)	30
2.4 Normatividad en la Instrumentación médica.....	32
Capítulo 3. Telemedicina	35
3.1 Conceptos Fundamentales	37
3.2 Componentes de una Solución Telemédica	39
3.2.1 Equipos de Comunicación (Videconferencia).....	40
3.2.2 Medios de Comunicación	40
3.2.3 Estándares de Interoperabilidad de Información	42
3.2.4 Instalaciones en Telemedicina	44
Capítulo 4. Electrocardiógrafo Móvil con Sistema de Alerta Inalámbrico	48
4.1 Composición del Electrocardiograma.....	50
4.1.1 Onda P del Electrocardiograma	52
4.1.2 Espacio P-R o P-Q del Electrocardiograma	53
4.1.3 Complejo Ventricular QRS del Electrocardiograma.....	55
4.1.4 Segmento S-T del Electrocardiograma	56
4.1.5 Onda T del Electrocardiograma	58
4.1.6 Espacio Q-T del Electrocardiograma.....	59
4.1.7 Espacio T-P del Electrocardiograma	61
4.1.8 Punto J del Electrocardiograma	61
4.1.9 Onda U del Electrocardiograma	61
4.2 Interpretación del ECG.....	62

4.2.1 Ritmo Cardíaco	62
4.2.2 Cálculo del Intervalo PR en el ECG	63
4.2.3 Cálculo del Intervalo QT en el ECG	63
4.2.4 Cálculo del Eje QRS en el Plano Frontal.....	64
4.2.5 Análisis de la Morfología del ECG.....	64
4.3 Frecuencia Cardíaca.....	64
4.4 Diagrama de bloques del dispositivo propuesto	68
4.5 Circuito Amplificador de la Señal Eléctrica del Corazón	70
4.5.1. Amplificador de Instrumentación	70
4.5.2 Circuito Eliminator de Offset.....	75
4.5.3 Filtro Paso Bajas (FPB _o)	76
4.5.4. Filtro Muesca	80
4.6. Circuito de Control	85
4.6.1 Dispositivo de control.....	90
4.7 Circuito Transmisor y Receptor por Infrarrojo.....	96
4.7.1 Transmisor por Infrarrojo para sistema de alerta inalámbrico.....	97
4.7.2 Receptor por infrarrojo para sistema de alerta inalámbrico	106
4.8 Circuito Indicador de Emergencia	109
4.9 Interfaz Visual del ECG (Labview)	111
4.9.1 Programación en Labview.....	114
Capítulo 5. Conclusiones y Recomendaciones	116
5.1 Conclusiones	117
5.2 Recomendaciones	118
Apéndice A. Programas y Diagramas de Bloques para los Microprocesadores.....	120
Apéndice B. Programacion en LabVIEW 9.0.....	128

Apéndice C. Fuentes de Alimentación	132
--	------------

Bibliografía.....	137
--------------------------	------------

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1 Muerte súbita: ocasionada por el padecimiento de una arritmia cardiaca	3
Figura 1.2 Obstrucción en arteria coronaria por obesidad.....	4
Figura 1.3 Ubicación del Epicardio y Endocardio en el corazón.....	5
Figura 1.4 Paciente realizando prueba de esfuerzo	8
Figura 1.5 Electrocardiograma Normal (figura 2a) y electrocardiograma con SQTl (figura 2b)	11
Figura 1.6 Señalización del pericardio en el corazón	15
Figura 2.1 Termómetro de mercurio por Fahrenheit.....	19
Figura 2.2 “Tubo para Oír” de T. H. Leannec	20
Figura 2.3 imagen izquierda: Microscopio Verick de Hartnack (1870), Imagen derecha: Microscopio Electrónico (época actual).....	21
Figura 2.4 Tipos de instrumentación médica.....	24
Figura 2.5 Electrocardiógrafo.....	25
Figura 2.6 Tomógrafo Computarizado	25
Figura 2.7 Monitores Cardiacos	26
Figura 2.8 Equipo para Electrocirugía.....	26
Figura 2.9 Marcapasos Cardiacos	27
Figura 2.10 Unidad FES Para el control de mano.....	27
Figura 2.11 Electrocardiógrafo portátil de 12 derivaciones.....	29
Figura 2.12 Electrocardiógrafo Holter	30

Figura 2.13 Derivaciones bipolares.....	31
Figura 2.14 Derivaciones Monopolares: aVR, aVL y aVF	31
Figura 3.1 Telemedicina	36
Figura 3.2 Sesión de videoconferencia	40
Figura 3.3 Tipos de comunicación empleados en Telemedicina	41
Figura 3.4 Ejemplificación de comunicación satelital	42
Figura 3.5 Interconexión de dispositivos DICOM	44
Figura 3.6 Escenario rural en la telemedicina	45
Figura 3.7 Escenario integral en telemedicina.....	46
Figura 4.1 Análisis de un electrocardiograma	49
Figura 4.2 Forma gráfica de un electrocardiograma.....	50
Figura 4.3 Complejo QRS con onda Q casi nula.....	51
Figura 4.4 Esquema completo de un ECG normal	52
Figura 4.5 Onda P positiva	53
Figura 4.6 Ubicación del espacio P-R o P-Q.....	54
Figura 4.7 Segmento S-T.....	56
Figura 4.8 Desplazamiento negativo y positivo de S-T.....	57
Figura 4.9 Desplazamientos cóncavos y convexos del segmento S-T	58
Figura 4.10 Electrocardiograma con ondas T negativas	59
Figura 4.11 Cálculo del eje de QRS en el plano frontal del ECG	64
Figura 4.12 Fragmento de ECG para método 1	66
Figura 4.13 Fragmento de ECG para método 2	67
Figura 4.14 Fragmento de ECG para método 3	68
Figura 4.15 Diagrama de bloques total del dispositivo propuesto	69
Figura 4.16 Diagrama de bloques del ASEC.....	70
Figura 4.17 Amplificador de Instrumentación	73

Figura 4.18 Señal de prueba.....	74
Figura 4.19 Señal de prueba amplificada.....	74
Figura 4.20 Ubicación del circuito eliminador de offset	75
Figura 4.21 Diagrama de circuito eliminador de offset	76
Figura 4.22 FPBo de segundo orden y su respuesta en frecuencia	77
Figura 4.23 Diagrama con valores del FPBo de segundo orden	78
Figura 4.24 Señal de salida a 250 Hz	79
Figura 4.25 Señal de salida a 350 Hz	79
Figura 4.26 Gráfica de respuesta en frecuencia para un filtro muesca.....	80
Figura 4.27 Composición de un filtro muesca	81
Figura 4.28 Diagrama del filtro paso banda con valores	82
Figura 4.29 Diagrama del amplificador sumador.....	82
Figura 4.30 Diagrama final del filtro muesca	83
Figura 4.31 Señal de salida a 40 Hz	83
Figura 4.32 Señal de salida del sistema a 60 Hz	84
Figura 4.33 Señal de salida a 150 Hz	84
Figura 4.34 Resultado experimental del bloque analógico	85
Figura 4.35 Señal de entrada y salida en un circuito 40106B.....	86
Figura 4.36 Offset aplicado a señal analógica	87
Figura 4.37 Señal de entrada sin offset	87
Figura 4.38 V_i (-) y V_o (---).....	88
Figura 4.39 V_i (-) y V_o (---).....	88
Figura 4.40 Unión entre circuito de offset y C.I. 40106.....	89
Figura 4.41 V_i (senoidal) y V_o (cuadrada).....	89
Figura 4.42 Microcontrolador PIC16F84A	90
Figura 4.43 Circuito complementario al dispositivo de control.....	91

Figura 4.44 Circuito complementario encendido	93
Figura 4.45 Activación de Salida 1: Menor a 60 Lat/min	94
Figura 4.46 Salida 1 y 2 apagadas.....	94
Figura 4.47 Activación de Salida 2: mayor a 100 Lat/min.....	95
Figura 4.48 Circuito de control con un solo transmisor.....	95
Figura 4.49 Circuito de control con display LCD	96
Figura 4.50 Configuración Astable en C.I. 555.....	97
Figura 4.51 Gráfica para elección de R's y C en modo astable	98
Figura 4.52 Circuito transmisor sin etapa de potencia.....	99
Figura 4.53 Señal de salida del 555 en modo Astable	100
Figura 4.54 Habilitación de transmisor por medio del Relevador	101
Figura 4.55 Circuito transmisor encendido	101
Figura 4.56 Circuito transmisor apagado	102
Figura 4.57 Ejemplo de Amplificador Clase A	103
Figura 4.58 Circuito de polarización para TIP31C.....	103
Figura 4.59 Medición de corriente de colector	104
Figura 4.60 Medición de voltaje colector-emisor	105
Figura 4.61 Circuito final de potencia para transmisor	106
Figura 4.62 Diodo receptor de infrarrojo SFH5110.....	107
Figura 4.63 Diagrama de bloques del SFH5110	107
Figura 4.64 Circuito receptor de haz infrarrojo	108
Figura 4.65 Diodo Led y Buzzer piezoeléctrico	109
Figura 4.66 Circuito indicador de emergencia.....	110
Figura 4.67 Circuito indicador de alerta Encendido.....	110
Figura 4.68 Circuito indicador de alerta final	111
Figura 4.69 Patigrama del microcontrolador PICAXE 14-M.....	112

Figura 4.70 Configuración para establecer adquisidor de datos.....	113
Figura 4.71 Formas de conexión para comunicación serial	113
Figura 4.72 Conexión entre señal analógica y PICAXE-14M	114
Figura 4.73 Proceso de programación del monitor en Labview 9.0	115
Figura 4.74 Interfaz visual (monitor) del Electrocardiógrafo	115
Figura A.1 Diagrama de bloques del PIC16F84A en transmisor.....	121
Figura A.2 Diagrama de bloques del PIC16F84A en receptor.....	124
Figura A.3 Diagrama de bloques del adquisidor.....	127
Figura B.1 Programación del monitor en Labview 9.0	129
Figura C.1 Fuente de voltaje rectificada.....	133
Figura C.2 Medición de voltaje en las salidas	134
Figura C.3 Medición de corriente en las salidas.....	134
Figura C.4 Fuente rectificada y de baterías	135
Figura C.5 Fuente de voltaje para receptor y 2do PIC16F84A	136

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2. 1 Ubicación de las derivaciones monopares precordiales	32
Tabla 2. 2 Normas relacionadas con electrocardiógrafos.....	33
Tabla 4. 1 Duración del espacio Q-T en relación con la frecuencia cardiaca	60
Tabla 4. 2 Valores de V_{LS} y V_{LI} para el C.I. 40106 (V)	86
Tabla 4.3 Características del relevador THD-0501-L	92
Tabla 4. 4 Frecuencia de portadora de los distintos modelos de sensores	107