

ÍNDICE

Dedicatoria	iii
Agradecimientos	iv
ÍNDICE	vii
ÍNDICE DE FIGURAS	x
ÍNDICE DE TABLAS	xiii
INTRODUCCIÓN	xiv
Capítulo 1 El Satélite Educativo SATEDU	
1.1 Introducción.....	1
1.2 Subsistemas de SATEDU.....	4
1.2.1 Subsistema Estructural.....	6
1.2.2 Subsistema de Potencia.....	6
1.2.3 Subsistema de Estabilización.....	7
1.2.4 Subsistema de Sensores.....	8
1.2.5 Subsistema de Computadora de Vuelo.....	9
1.2.6 Subsistema de Comunicaciones Inalámbricas.....	9
1.2.7 Subsistema de Carga Útil.....	10
1.2.8 Estación Terrena.....	11
Capítulo 2 Características de las Primeras Tarjetas de Comunicaciones Inalámbricas de SATEDU	
2.1 Introducción.....	13
2.2 Arquitectura de la Tarjeta de RF.....	14
2.3 Software operativo de la Tarjeta de RF.....	18
2.4 Operación de la Tarjeta de Comunicaciones de RF.....	21
2.5 Ventajas y Desventajas de la Tarjeta RF.....	22

Capítulo 3 Características del Circuito Integrado de Interfaz Bluetooth

3.1 Introducción.....	24
3.2 Circuito de Interfaz Bluetooth.....	25
3.3 Arquitectura del Circuito Bluetooth.....	27
3.4 Detalles de Programación del Circuito Bluetooth.....	30

Capítulo 4 Diseño del Nuevo Subsistema de Comunicaciones Inalámbricas

4.1 Introducción.....	34
4.2 Arquitectura Propuesta Para la Tarjeta de Comunicaciones Inalámbricas Bluetooth.....	35
4.3 Diseño Esquemático de la Tarjeta de Comunicaciones Inalámbricas Bluetooth.....	38
4.4 Diseño del Circuito Impreso Para la Tarjeta de Comunicaciones Inalámbricas Bluetooth.....	40
4.5 Fabricación del Circuito Impreso y Pruebas Eléctricas Preliminares.....	44
4.6 Ensamble de la Tarjeta con Componentes Electrónicos.....	47
4.7 Pruebas Electrónicas Preliminares Aplicadas a la Tarjeta de Comunicaciones Inalámbricas Bluetooth.....	48

Capítulo 5 Software de Operación de la Tarjeta de Comunicaciones Inalámbricas Bluetooth

5.1 Introducción.....	50
5.2 Plataforma de Desarrollo Para la Interfaz de Usuario.....	51
5.3 Necesidades de Programación de la Tarjeta de Comunicaciones Inalámbricas Bluetooth.....	52
5.4 Desarrollo de la Interfaz de Usuario.....	53
5.5 Utilización de la Interfaz de Usuario.....	55
5.6 Cambios de Programación Requeridos en el Software de Estación Terrena y en el Subsistema de Computadora de Vuelo para Incorporar el Uso de la Tarjeta de Comunicaciones Inalámbricas Bluetooth.....	59

Capítulo 6 Pruebas de Validación Preliminares de la Tarjeta de Comunicaciones Inalámbricas Bluetooth

6.1 Introducción.....	61
6.2 Conexión de la Tarjeta de Comunicaciones Inalámbricas Bluetooth a la Computadora.....	61
6.3 Pruebas de Validación de la Interfaz de Configuración de la Tarjeta de Comunicaciones Inalámbricas Bluetooth.....	63
6.4 Pruebas Comunicación de la Tarjeta de Comunicaciones Inalámbricas Bluetooth con un Microcontrolador.....	66

Capítulo 7 Pruebas de Validación Finales de la Tarjeta de Comunicaciones Inalámbricas Bluetooth con SATEDU

7.1 Introducción.....	71
7.2 Incorporación de la Tarjeta de Comunicaciones Inalámbricas Bluetooth al conjunto de Tarjetas de SATEDU.....	71
7.3 Pruebas de Validación Operativa Entre la Tarjeta de Comunicaciones Inalámbricas Bluetooth y la Tarjeta de Computadora de Vuelo.....	73
7.4 Pruebas de Validación Operando la Rueda Inercial de SATEDU.....	76

Capítulo 8 Conclusiones y Recomendaciones

8.1 Conclusiones.....	79
8.2 Recomendaciones.....	80

Apéndice A Código de las Interfaces de Usuario Desarrolladas en Microsoft Visual Studio 2010 81

Apéndice B Programas y Diagrama de Bloques de las Pruebas con Microcontroladores..... 90

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1	SPUTNIK I	1
Figura 1.2	Morelos I	2
Figura 1.3	CubeSat Delfi-C3 construido por estudiantes de la Universidad Tecnológica de Delf en los Países Bajos.....	3
Figura 1.4	Diseño de SATEDU hecho en Solid Edge V18	4
Figura 1.5	Subsistema de Potencia	7
Figura 1.6	Subsistema de Estabilización	8
Figura 1.7	Subsistema de Sensores.....	8
Figura 1.8	Subsistema de Computadora de Vuelo	9
Figura 1.9	Subsistema de Comunicaciones Inalámbricas.....	10
Figura 1.10	Software de Estación Terrena que controla las funciones de SATEDU desde una computadora personal	11
Figura 2.1	Subsistema de Comunicaciones Inalámbricas	13
Figura 2.2	Diagrama de bloques de la tarjeta conectada a la PC	16
Figura 2.3	Imagen de la tarjeta de RF conectada a la PC (ambas caras)	16
Figura 2.4	Diagrama de bloques de la tarjeta de RF conectada a SATEDU	17
Figura 2.5	Imagen de la tarjeta de RF conectada a SATEDU (ambas caras)	17
Figura 2.6	Comunicación entre SATEDU y la Estación Terrena	18
Figura 2.7	Diagrama de flujo del programa en el PIC18F2321	19
Figura 2.8	Diagrama de flujo de la interrupción por puerto serie	20
Figura 3.1	Logo del protocolo de comunicaciones Bluetooth	24
Figura 3.2	Circuito RN-41	26
Figura 3.3	Diagrama de bloques del circuito RN-41	27
Figura 3.4	Diagrama de bloques del chip BlueCore-04 External	28
Figura 3.5	Patigrama del circuito RN-41	29

Figura 4.1	Diagrama de Bloques de la Tarjeta de Comunicaciones Inalámbricas Bluetooth	35
Figura 4.2	LED's Indicadores	36
Figura 4.3	Reset Manual	36
Figura 4.4	DIP Switch	37
Figura 4.4	Divisor de Voltaje	37
Figura 4.5	Diagrama esquemático de la Tarjeta de Comunicaciones Inalámbricas Bluetooth..	39
Figura 4.6	Matriz de reglas de conexión	40
Figura 4.7	Colocación de las huellas de los componentes	41
Figura 4.8	Huella de impresión del circuito RN-41	41
Figura 4.9	PCB de la Tarjeta de Comunicaciones Inalámbricas Bluetooth	42
Figura 4.10	Tarjeta de Comunicaciones Inalámbricas Bluetooth	43
Figura 4.11	Impresión del diseño del PCB	44
Figura 4.12	Placa Fenólica y dibujo del PCB	45
Figura 4.13	Placa Fenólica con las pistas marcadas	45
Figura 4.14	Circuito Impreso	46
Figura 4.15	Tarjeta de Comunicaciones Inalámbricas Bluetooth, vista de frente	47
Figura 4.15	Tarjeta de Comunicaciones Inalámbricas Bluetooth, vista posterior	48
Figura 5.1	Microsoft Visual Studio 2010	51
Figura 5.2	Herramientas para el desarrollo de la interfaz de software	52
Figura 5.3	Desarrollo de la interfaz	54
Figura 5.4	Interfaz de configuración de la Tarjeta de Comunicaciones Inalámbricas Bluetooth	55
Figura 5.5	Software de Estación Terrena de SATEDU	59
Figura 5.6	Subsistema de Computadora de Vuelo SATEDU rojo.....	60
Figura 6.1	Regulador de 3.3 Volts LF33CV	62
Figura 6.2	Nombre Inicial de la Tarjeta de Comunicaciones Inalámbricas Bluetooth	62
Figura 6.3	Código PIN de la Tarjeta de Comunicaciones Inalámbricas Bluetooth	62

Figura 6.4	Dispositivo agregado correctamente	63
Figura 6.5	Puertos Asociados a la Tarjeta de Comunicaciones Inalámbricas Bluetooth	63
Figura 6.6	Configuración inicial del circuito RN-41	64
Figura 6.7	Modificación de parámetros por medio de la interfaz gráfica	65
Figura 6.8	Configuración final del circuito RN-41	65
Figura 6.9	Nuevo nombre y código PIN de la Tarjeta de Comunicaciones Inalámbricas Bluetooth	66
Figura 6.10	Monitor de Puertos	67
Figura 6.11	Primer prueba realizada en protobord	67
Figura 6.12	Interacción exitosa con un microcontrolador	68
Figura 6.13	Caracteres ASCII	68
Figura 6.14	Segunda prueba realizada en protobord	69
Figura 6.15	LCD y Monitor de Puertos con el mensaje “Hola Mundo”	69
Figura 7.1	Incorporación de la Tarjeta de Comunicaciones Inalámbricas Bluetooth a SATEDU	72
Figura 7.2	Energización del Simulador Satelital SATEDU	73
Figura 7.3	Subsistemas básicos para utilizar el software de Estación Terrena	74
Figura 7.4	Configuración del Canal de Comunicaciones	74
Figura 7.5	Configuración del puerto en la Estación Terrena	75
Figura 7.6	Pestaña de “Computadora de Vuelo” en el Software de Estación Terrena	76
Figura 7.7	Pestaña de “Estabilización” en el Software de Estación Terrena	77
Figura B.1	Diagrama de Bloques de la Conexión Para la Prueba 1	90
Figura B.2	Diagrama de Bloques de la Conexión Para la Prueba 2	92

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 3.1	Consumo de energía del circuito Bluetooth.....	27
Tabla 3.2	Descripción de los pines del circuito RN-41	29
Tabla 3.3	Valores de fábrica del circuito RN-41	30
Tabla 3.4	Set Commands	31
Tabla 3.5	Get Commands	32
Tabla 3.6	Change Commands	32
Tabla 3.7	Action Commands	32
Tabla 3.8	Configuraciones por hardware	33
Tabla 4.1	Pines ocupados del circuito RN-41	39
Tabla 5.1	Comandos implementados por la Interfaz	53
Tabla 6.1	Prueba validación interfaz gráfica	64