

Tabla de Contenido

1. Introducción	1
1.1. Motivación	1
1.2. Antecedentes	2
1.3. Objetivos generales y específicos	3
1.4. Estructura de la memoria	4
2. Marco teórico	5
2.1. Electromagnetismo	5
2.1.1. Campo electromagnético	5
2.1.2. Antena	6
2.1.3. Arreglo en fase	7
2.2. Microondas	8
2.2.1. Línea de transmisión	8
2.2.2. Microstrip	9
2.2.3. Antena patch	10
2.3. Comunicaciones	11
2.3.1. Modulación en cuadratura	11
2.3.2. Bandas de telefonía móvil	11
2.4. Electrónica	12
2.4.1. Protocolo I2C	12
2.4.2. Detector de potencia de microondas	13
2.4.3. Amplificador de bajo ruido	13
2.4.4. Conversor análogo a digital	13
2.4.5. Combinador de potencia	13
2.4.6. Modulador vectorial	13
2.4.7. Buffer	14
2.4.8. Potenciómetro digital	14
3. Pruebas preliminares	15
3.1. Interfaz I2C Ginkgo	16
3.2. Potenciómetro digital	17
3.3. Raspberry Pi	18
3.4. Modulador vectorial	19
3.5. Medidor de potencia	24
4. Implementación	27

4.1. Diseño placa electrónica	27
4.2. Montaje de componentes	30
4.3. Caracterización de la placa electrónica	31
4.4. Caracterización del patrón de radiación	32
4.5. Primeras imagenes electromagnéticas	35
5. Análisis de resultados	37
5.1. Patrón de radiación	37
5.2. Imagen electromagnética	38
6. Conclusiones	39
6.1. Conclusiones	39
6.2. Trabajo futuro	40
Bibliografía	41
Anexos	42
A. Esquemáticos	43
B. Mediciones para el modulador vectorial - Magnitud	49
C. Mediciones para el modulador vectorial - Fase	53
D. Caracterización placa electrónica	57
E. Código para caracterización placa electrónica	66

Índice de Tablas

2.1. Bandas utilizadas por empresas en Chile.	12
3.1. Comparación de parámetros medidor de potencia	26

Índice de Ilustraciones

1.1. Modelo tridimensional del producto.	2
2.1. Caption for LOF	6
2.2. Ejemplos de arreglos en fase	7
2.3. Modelo de línea de transmisión con pérdidas.	8
2.4. Ilustración de una microstrip. ¹	9
2.5. Patch antenna montada sobre un substrato.	10
2.6. Transmisión de datos protocolo I2C.	12
3.1. Diagrama de bloques del dispositivo.	15
3.2. Interfaz I2C Ginkgo.	16
3.3. Datos de prueba para la interfaz I2C. La señal amarilla corresponde al nodo de datos SDA y la verde al nodo de reloj SCL.	16
3.4. Pinout y diagrama de bloques interno del circuito integrado DS3930.	17
3.5. Diseño del potenciómetro digital.	18
3.6. Potenciómetro digital montado en la placa de prueba.	18
3.7. Raspberry Pi con pantalla táctil de 5 pulgadas.	19
3.8. Diagrama de bloques del modulador vectorial	20
3.9. Comparación del tamaño del chip con una moneda de 100 pesos chilenos.	20
3.10. Diseño de la placa para el modulador vectorial.	21
3.11. Placa con el modulador vectorial montada.	21
3.12. Medición de la diferencia de fase para la placa 1.	22
3.13. Medición de la diferencia de fase para la placa 2.	22
3.14. Mediciones para la placa 1 del modulador vectorial.	23
3.15. Mediciones para la placa 2 del modulador vectorial.	23
3.16. Diseño de la placa para el medidor de potencia.	24
3.17. Placa del medidor de potencia montada.	24
3.18. Mediciones del medidor de potencia para distintas potencias y frecuencias.	25
4.1. Diagrama de bloques completo.	27
4.2. Diagrama de bloques placa electrónica.	28
4.3. Diseño placa electrónica - capa de radiofrecuencia.	28
4.4. Diseño placa electrónica - capa de señales digitales.	29
4.5. Placa electrónica fabricada sin componentes.	29
4.6. Montaje componentes de la placa electrónica.	30
4.7. Montaje placa electrónica - capa de radiofrecuencia.	30
4.8. Montaje placa electrónica - capa de señales digitales.	30

4.9. Configuración para caracterizar la placa electrónica.	31
4.10. Montaje arreglo de antenas y placa electrónica.	32
4.11. Configuración para caracterizar el patrón de radiación.	33
4.12. Antena emisora y el arreglo de antenas posicionados sobre mesas separadas. .	33
4.13. Mediciones del patrón de radiación.	34
4.14. Mediciones con la fuente en el centro.	35
4.15. Mediciones con la fuente a un costado.	36
A.1. Esquemático - Antenas 1 a 4	44
A.2. Esquemático - Antenas 5 a 8	45
A.3. Esquemático - Antenas 9 a 12	46
A.4. Esquemático - Antenas 13 a 16	47
A.5. Esquemático - Suma de todas las antenas, amplificador y salida	48
B.1. Comparación magnitud placa 1 y placa 2 a 1.7[GHz]	49
B.2. Comparación magnitud placa 1 y placa 2 a 1.9[GHz]	50
B.3. Comparación magnitud placa 1 y placa 2 a 2.1[GHz]	50
B.4. Comparación magnitud placa 1 y placa 2 a 2.3[GHz]	51
B.5. Comparación magnitud placa 1 y placa 2 a 2.5[GHz]	51
B.6. Comparación magnitud placa 1 y placa 2 a 2.7[GHz]	52
B.7. Comparación magnitud placa 1 y placa 2 a 2.9[GHz]	52
C.1. Comparación fase placa 1 y placa 2 a 1.7[GHz]	53
C.2. Comparación fase placa 1 y placa 2 a 1.9[GHz]	54
C.3. Comparación fase placa 1 y placa 2 a 2.1[GHz]	54
C.4. Comparación fase placa 1 y placa 2 a 2.3[GHz]	55
C.5. Comparación fase placa 1 y placa 2 a 2.5[GHz]	55
C.6. Comparación fase placa 1 y placa 2 a 2.7[GHz]	56
C.7. Comparación fase placa 1 y placa 2 a 2.9[GHz]	56
D.1. Medición modulador vectorial 1	57
D.2. Medición modulador vectorial 2	58
D.3. Medición modulador vectorial 3	58
D.4. Medición modulador vectorial 4	59
D.5. Medición modulador vectorial 5	59
D.6. Medición modulador vectorial 6	60
D.7. Medición modulador vectorial 7	60
D.8. Medición modulador vectorial 8	61
D.9. Medición modulador vectorial 9	61
D.10. Medición modulador vectorial 10	62
D.11. Medición modulador vectorial 11	62
D.12. Medición modulador vectorial 12	63
D.13. Medición modulador vectorial 13	63
D.14. Medición modulador vectorial 14	64
D.15. Medición modulador vectorial 15	64
D.16. Medición modulador vectorial 16	65