

## INDICE

<b>1 INTRODUCCION A LOS SISTEMAS DE MICROCOMPUTADORA EMBEBIDOS</b>	<b>1</b>
1.1. Panorama General	1
1.2. La Actitud	4
1.3. Los Componentes Básicos de un Sistema Embebido	6
1.4. Los Diagramas de Flujo y la Programación Estructurada	7
1.5. El Ciclo de Desarrollo de un Producto	10
1.6. La Programación de Calidad	13
1.6.1. Medidas Cuantitativas del Desempeño	13
1.6.2. Medidas Cualitativas del Desempeño	14
1.7. Tutorial 1. El Comienzo	14
1.8. Tareas en Casa	15
<b>2 LA INFORMACION</b>	<b>18</b>
2.1. La Representación Hexadecimal	19
2.2. La Información Booleana	20
2.3. Los Números de 8 bits	21
2.3.1. Los Números de 8 bits sin Signo	21
2.3.2. Números de 8 bits con Signos	23
2.3.3. Información de Caracteres	25
2.3.4. Decimal Codificado en Binario (BCD) de 8 bits	26
2.4. Números de Precisión Extendida	27
2.4.1. Números de 16 bits sin Signo	27
2.4.2. Números con Signo de 16 bits	27
2.4.3. Finiano Grande y Pequeño	28
2.4.4. Enteros de Longitud Arbitraria	29
2.4.5. Decimal Codificado en Binario (BCD)	30
2.5. Programación de Números en Lenguaje Ensamblador	30
2.6. Operaciones Lógicas	31
2.7. Operaciones de Corrimiento	38
2.8. Operaciones Aritméticas	41
2.9. Conversiones	57
2.10. Números de Punto Fijo	61
2.11. Números de Punto Flotante	64
2.12. Tutorial 2. Operaciones Aritméticas y Lógicas	68
2.13. Tareas en Casa	71
<b>3 ARQUITECTURA DE UNA MICROCOMPUTADORA</b>	<b>76</b>
3.1. Introducción	76
3.2. La Arquitectura Común de las 6811 y 6812	81
3.2.1. Los Registros	81
3.2.2. La Terminología	82
3.2.3. Modos de Direccionamiento	83
3.2.4. La Ejecución del Lenguaje de Maquina de la 6811	87
3.2.5. Ejecución Simulada del Lengua de Maquina de la 6812	90
3.2.6. Ejecución del Lenguaje de Maquina de la 6812 Real	93
3.3. Introducción a la Programación	98
3.3.1. La Memoria y las Operaciones de Transferencia de Registros	98
3.3.2. Las Operaciones Aritméticas	100

3.3.3. Las Operaciones de Corrimiento	103
3.3.4. Las Operaciones Lógicas	104
3.3.5. Las Subrutinas y la Pila	105
3.3.6. Las Operaciones de Bifurcación	110
3.4. La Arquitectura de la 6811	114
3.4.1. La Familia MC68HC	114
3.4.2. La Serie E de la 6811	116
3.4.3. La MC68HC711D3	117
3.4.4. El Modo Expandido de la 6811	118
3.4.5. El Modo de Direccionamiento Indizado de la 6811	119
3.5. La Arquitectura de la 6812	120
3.5.1. La MC68HC812A4	120
3.5.2. La MC68HC912B32	123
3.5.3. Las MC68HC12D60/MC68HC912D60	124
3.5.4. Las MC68HC12DG128/MC68HC912DG128	125
3.5.5. Los Modos de Direccionamiento Adicionales en la 6812	125
3.6. La Asignación de la Memoria	130
3.7. Tutorial 3. Construcción de una Microcomputadora y Ejecución del Código Máquina	133
3.8. Tareas en Casa	136
3.9. Ejercicios de Laboratorio	139
<b>4 LA PROGRAMACION EN LENGUAJE ENSAMBLADOR</b>	142
4.1. Introducción	142
4.1.1. El Desarrollo en Lenguaje Ensamblador	142
4.1.2. La Ejecución en una Tarjeta de Evaluación	145
4.1.3. La Simulación	146
4.2. El Sistema de Ayuda de Texas	146
4.3. El Editor de Texas	150
4.4. Las Sintaxis del Lenguaje Ensamblador	151
4.4.1. Estructura General	151
4.4.2. El Campo de la Etiqueta	152
4.4.3. El Campo de la Operación	152
4.4.4. EL Campo del Operando	153
4.4.5. Las Expresiones	154
4.4.6. El Campo del Comentario	156
4.4.7. La Lista del Ensamblador	158
4.4.8. Errores en el Lenguaje Ensamblador	158
4.4.9. Las Pseudo Operaciones del Ensamblador	159
4.5. El Código Objeto S-19	165
4.6. Tutorial 4. Edición y Ensamble	166
4.7. Tareas en Casa	167
4.8. Ejercicios de Laboratorio	170
<b>5 PROGRAMACION DE LAS ENTRADAS Y LAS SALIDAS</b>	176
5.1. El Concepto Básico de la Dirección de un Puerto de E/S y el Registro de Direcciones	176
5.2. Programación de las E/S de un Puerto Paralelo	180
5.3. La Interfaz de Comunicaciones Seriales, SCI	183
5.3.1. La Transmisión en Modo Asíncrono	183
5.3.2. La Recepción en Modo Asíncrono	184

5.3.3. Los Detalles de la SCI de la 6811	186
5.3.4. Los Detalles de la SCI de la 6812	187
5.3.5. La Programación de las E/S de la SCI	188
5.4. La Interfaz de Periféricos Síncronos, SPI	190
5.4.1. Los Fundamentos de la SPI	190
5.4.2. Los Detalles de la SPI de la 6811	192
5.4.3. Los Detalles de la SPI de la 6812	193
5.4.4. La Interfaz DAC de la SPI	194
5.5. Los Convertidores ADC	197
5.5.1. Los Detalles del ADC de la 6811	198
5.5.2. Los Detalles del ADC de la 6812	199
5.5.3. El Software del ADC	201
5.6. El Temporizador de 16 bits	202
5.6.1. Los Detalles del Temporizador de la 6811	202
5.6.2. Los Detalles del Temporizador de la 6812	203
5.6.3. El Software de Retrasos de Tiempo Fijo Utilizando el Temporizador Incorporado	203
5.7. El Acumulador de Pulsos	204
5.7.1. Los Detalles del Acumulador de Pulsos de 6811	204
5.7.2. Los Detalles del Acumulador de Pulsos de 6812	205
5.7.3. La Medición de la Frecuencia	206
5.7.4. La Medición del Ancho del Pulso	207
5.8. Tutorial 5. Programación de E/S	208
5.9. Tareas en Casa	210
5.10. Ejercicios de Laboratorio	211
<b>6. ESTABLECIMIENTO DE UNA INTERFAZ CON UNA MICROCOMPUTADORA</b>	215
6.1. Introducción	215
6.2. Establecimiento de una Interfaz con un Interruptor	216
6.3. Establecimiento de una Interfaz con un LED	217
6.4. Establecimiento de una Interfaz con un Puerto Serial	219
6.5. Establecimiento de una Interfaz con una LCD	221
6.6. Establecimiento de una Interfaz Analógica	225
6.7. Establecimiento de una Interfaz con un Teclado Matricial	226
6.8. Establecimiento de una Interfaz con un Motor DC	231
6.9. Establecimiento de una Interfaz con un Control Remoto de una Interfaz con un Control Remoto Infrarrojo	236
6.10. La Pantalla LCD HD44780 de Hitachi	241
6.11. Un Motor de Pasos	244
6.12. Tutorial 6. Cerrojo Basado en una Microcomputadora	245
6.13. Tareas en Casa	250
6.14. Ejercicios de Laboratorio	251
<b>7 LA DEPURACION</b>	254
7.1. Teoría de la Depuración	254
7.2. Las Herramientas de Depuración del Hardware	256
7.3. La ViewBox de Texas	258
7.4. La Depuración Funcional	260
7.4.1. Paso Único	260
7.4.2. Puntos de Interrupción Sin Filtrado	260

7.4.3. Puntos de Interrupción Condicionales	260
7.4.4. Instrumentación: Sentencias de Impresión	261
7.4.5. Instrumentación: Almacenar Dentro de un Arreglo Sin Filtrado	261
7.4.6. Instrumentación: Almacenar Dentro de un Arreglo con Filtrado	262
7.4.7. Monitos Usando la Pantalla LED	262
7.5. La Depuración del Rendimiento	263
7.5.1. Instrumentación de la Medición con un Contador Independiente, TCNT	263
7.5.2. Instrumentación con un Puerto de Salida	263
7.5.3. Medición de la Eficiencia Dinámica	263
7.6. El Perfilado	266
7.6.1. Perfilado Usando un Almacenamiento por Software para Estudiar un Patrón de Ejecución	266
7.6.2. Perfilado Usando un Puerto de Salida	266
7.6.3. El Perfil de un Hilo	267
7.6.4. El Comportamiento Reentrante	267
7.7. Tutorial 7. Técnicas de Depuración	267
7.8. Tareas en Casa	270
7.9. Ejercicios de Laboratorio	272
<b>8 LAS ESTRUCTURAS DE U PROGRAMA</b>	<b>275</b>
8.1. Las Variables Locales	275
8.1.1. Introducción	275
8.1.2. La Implementación	278
8.1.3. El Marco de Pila	280
8.2. Paso de Parámetros	281
8.2.1. El Paso de Parámetros en Lenguaje C	281
8.2.2. El Paso de Argumentos en Lenguaje Ensamblador	283
8.2.3. La Implementación en Compilador de Lenguaje C de Variables Locales y Globales	288
8.2.4. La Recursión	293
8.3. Las Estructuras de Control	294
8.3.1. Las Sentencias Condicionales if-then-else	295
8.3.2. Las Sentencias switch	297
8.3.3. El Ciclo For-loops	299
8.4. Cálculos de Precisión Extendida	300
8.4.1. La Suma y la Resta	300
8.4.2. Las Operaciones de Corrimiento	303
8.4.3. Las Instrucciones Matemáticas en la 6812	305
8.4.4. La Multiplicación y la División	307
8.4.5. La Búsqueda en Tabla y la Interpolación	310
8.5. La Evaluación de una Expresión	312
8.6. Las Llamadas del SO Utilizando las Interrupciones del Software	314
8.7. Las Maquinas de Estado Finito con Estructuras Ligadas Asignadas de Manera Estática	318
8.7.1. La Abstracción	318
8.7.2. El Controlador de un Motor de Pasos	319
8.7.3. Controlador de Luces de Transito	321
8.7.4. Una FSM Mealy	323
8.7.5. La Implementación FSM de una Máquina Expendedora	325

8.8. La Memoria Paginada	328
8.9. Tutorial 8. La Abstracción del Software	330
8.10. Tareas en Casa	331
8.11. Ejercicios de Laboratorio	339
<b>9 TECNICAS DE PROGRAMACION AVANZADA</b>	<b>349</b>
9.1. El Diseño Modular	349
9.1.1. Definición y Metas	350
9.1.2. La División de una Tarea del Software en Módulos	351
9.1.3. La Visualización del Sistema Utilizando Diagramas de Llamadas	352
9.1.4. La Programación Jerárquica	354
9.1.5. Las E/S Inadecuadas y la Portabilidad	355
9.2. Los Sistemas de Software en Capas	356
9.3. Convenciones de Nomenclatura	357
9.4. Los Lineamientos de Estilo en el Lenguaje Ensamblador	359
9.5. Los Lineamientos de Estilo en Lenguaje C	361
9.5.1. La Estructura del Archivo de Código, el Archivo C	361
9.5.2. La Estructura del Archivo de Encabezado, el Archivo h	363
9.5.3. El Formato	364
9.5.4. La Estructura del Código	366
9.6. Código Relocalizable	370
9.7. Los Comentarios	372
9.8. Tutoría 9. La Programación en Capas	373
9.9. Tareas en Casa	374
9.10. Ejercicios de Laboratorio	375
<b>10 LAS ESTRUCTURAS ELEMENTALES DE DATOS</b>	<b>378</b>
10.1. La Asignación de la Memoria y la Inicialización	378
10.2. Los Arreglos	380
10.3. Las Cadenas	383
10.4. Las Matrices	384
10.5. Las Estructuras	390
10.6. Las Tablas	391
10.7. Las Colas Circulares de Acceso Múltiple	393
10.8. La Cola Tipo el Primero en Entrar, el Primero en Salir y los Buffers Doble	394
10.9. Los Arboles	397
10.10. Las Estructuras de Datos Asignadas de Manera Dinámica	401
10.10.1. El Administrador de Memoria de Bloques Fijos	401
10.10.2. Una FIFO de Lista Ligada	403
10.11. Tutorial 10. Los Interpretes de Comandos	405
10.12. Tareas en Casa	411
10.13. Ejercicios de Laboratorio	416
<b>11 LA SINCRONIZACION DE LAS INTERRUPCIONES</b>	<b>422</b>
11.1. Los Conceptos Básicos	422
11.2. Cola Tipo "El Primero en Entrar, el Primero en Salir"	424
11.3. La Comunicación y la Sincronización Entre Hilos	430
11.4. La Programación Reentrante	434
11.5. Las Interrupciones en las 6811/6812	438
11.5.1. Conceptos Generales	438

11.5.2. Las Interrupciones de la 6811	440
11.5.3. Las Interrupciones de la 6812	442
11.6. Las Interrupciones del Flanco Externo	445
11.6.1. La Interrupción STRA de la MC68HC11	445
11.6.2. Las Interrupciones de Activación de Tecla de la MC68HC812A4	446
11.7. Una Interfaz de Puerto Serial Utilizando Sincronización de Interrupciones	448
11.7.1. Los Detalles de la SCI de la 6811	448
11.7.2. Los Detalles de la SCI de la 6812	450
11.7.3. Las Interfaz SCI Interrupción	452
11.7.4. Los Sistemas Distribuidos	454
11.8. Las Interrupciones Periódicas	456
11.8.1. Las Verificaciones Periódicas	457
11.8.2. Las Interrupciones Periódicas de la 6811	461
11.8.3. Las Interrupciones Periódicas de la 6812	461
11.8.4. La Adquisición de Datos en Tiempo Real	464
11.9. Las Interrupciones Verificadas en Comparación con las Interrupciones de Vector	465
11.10. Tutorial 11. El Perfilado	466
11.11. Tareas en Casa	468
11.12. Ejercicios de Laboratorio	470
<b>APENDICE 1. DESARROLLO DE UN SISTEMA EMBEBIDO MEDIANTE TEXAS</b>	481
A 1.1. Introducción a Texas	482
A 1.2. Los Componentes Principales de Texas	485
A 1.3. El Desarrollo de Software en Lenguaje Ensamblador	489
A 1.3.1. La Ejecución de un Programa Existente en Lenguaje Ensamblador	492
A 1.3.2. La Modificación de un Programa Existente en Lenguaje	493
A 1.3.3. El Desarrollo de un Programa en Lenguaje Ensamblador a partir de Cero	494
A 1.4 El Desarrollo de Software en Lenguaje C	494
A 1.4.1. La Ejecución de un Programa Existente en Lenguaje C	494
A 1.4.2. La Adaptación de un Programa Existente en Lenguaje C	495
A 1.4.3. El Desarrollo de un Programa en Lenguaje C a Partir de Cero	496
A 1.5. Tutorial A 1. El Comienzo	496
<b>APENDICE 2. GLOSARIO DE TERMINOS</b>	505
<b>APENDICE 3. MANUAL DE SOLUCIONES</b>	519
A 3.1 Soluciones a los Puntos de Control	519
A 3.2. Soluciones al Tutorial	537
<b>INDICE</b>	549