

---

# Índice

---

	<i>Página</i>
<b>Introducción .....</b>	<b>1</b>
1. Motivaciones .....	3
2. Objetivos.....	5
3. Resumen .....	6
<b>1. Introducción a los DSPs .....</b>	<b>9</b>
1.1. Introducción .....	11
1.2. Referencia histórica.....	13
1.3. Familia TMS320 DSP de Texas Instruments.....	15
1.3.1. Generación C6000.....	18
1.3.2. Generación C5000.....	30
1.3.3. Generación C2000.....	38
1.3.4. Otras Series de DSPs TMS320x .....	46
<b>2. TMS320C240.....</b>	<b>53</b>
2.1. Serie de controladores DSP TMS320C24x.....	55
2.2. Controlador DSP TMS320C240 .....	59
2.3. Estudio Físico del C240 .....	66
2.4. <i>Definición de los pines del TMS320C240</i> .....	69
2.5. Hojas de Características .....	79
<b>3. Módulo de Evaluación.....</b>	<b>81</b>
3.1. Análisis del sistema de desarrollo .....	83
3.1.1. Descripción .....	83

3.1.2. Características de la Placa de Evaluación del TMS320C24X .....	84
3.1.3. Descripción funcional de la placa de evaluación del TMS320C24x .....	85
3.2. Hardware .....	88
3.2.1. Memoria Externa .....	88
3.2.2. Convertidor AD y DA .....	93
3.2.3. Puerto Serie RS-232 .....	98
3.2.4. Conectores .....	104
3.2.5. Jumpers .....	118
3.2.6. LEDs .....	120
3.2.7. Interruptores .....	123
3.2.8. Oscilador .....	125
3.2.9. Dispositivos GAL .....	126
<b>4. Programación .....</b>	<b>128</b>
4.1. Introducción .....	130
4.2. Code Composer Studio V2 .....	133
4.2.1. Instalación de Code Composer .....	133
4.2.2. Creación de un programa .....	137
4.2.3. Ejecución de un ejemplo .....	138
4.3. Programa "LEDS.C" .....	140
4.4. Programa "LEDS.ASM" .....	166
<b>5. Periféricos .....</b>	<b>205</b>
5.1. Puertos Digitales de Entrada/Salida (E/S) .....	210
5.1.1. E/S digitales y funciones de compartimiento de pines .....	211
5.1.2. Registros de Control de las E/S Digitales .....	214
5.2. Módulo PLL de Reloj .....	218
5.2.1. Operación de Reloj PLL .....	220
5.2.2. Registros de Control de los Relojes del PLL .....	230
5.3. Convertidor A/D dual de 10 bits (ADC) .....	234
5.3.1. Funcionamiento del ADC .....	236

	<b><i>Página</i></b>
5.3.2. Descripción de los pines del ADC .....	236
5.3.3. Modos de operación del Módulo ADC .....	237
5.3.4. Muestreo y Conversión de señales Analógicas .....	238
5.3.5. Registros del ADC .....	239
5.4. Interfaz de Memoria Externa .....	246
5.4.1. Interfaz para Memoria externa de Programa.....	246
5.4.2. Interfaz para la Memoria externa de Datos Locales.....	249
5.4.3. Diagramas de tiempo del Interfaz de Memoria.....	252
5.4.4. Generador de Estados de Espera .....	254
5.5. Módulo de Interfaz de Comunicación Serie.....	257
5.5.1. Introducción .....	257
5.5.2. Formato de los datos de comunicación del SCI.....	260
5.5.3. Modos de comunicación Multiprocesador y Asíncrona.....	261
5.5.4. Comunicación Multiprocesador.....	261
5.5.5. Comunicación asíncrona del SCI.....	265
5.5.6. Registros de Control del SCI .....	268
5.6. Módulo de Interfaz serie para Periféricos (SPI).....	284
5.6.1. Introducción .....	284
5.6.2. Modos de operación del SPI .....	286
5.6.3. Formato de los datos del SPI.....	288
5.6.4. Valores después del reinicio .....	292
5.6.5. Registros del SPI.....	293
5.7. Módulo Watchdog y de interrupciones en tiempo real .....	306
5.7.1. Introducción .....	306
5.7.2. Watchdog o “Perro Guardián” (WD).....	309
5.7.3. Temporizador de Interrupciones en Tiempo Real (RTI).....	311
5.7.4. Registros del Módulo WD/RTI.....	312
5.8. Módulo Administrador de Sucesos .....	318
5.8.1. Introducción .....	318
5.8.2. Direcciones de los Registros del EV .....	323
5.8.3. Temporizadores de Propósito General (GP).....	325

	<i><b>Página</b></i>
5.8.3.1. Entradas del Temporizador GP .....	327
5.8.3.2. Salidas del Temporizador GP .....	327
5.8.3.3. Control de las operaciones del temporizador GP .....	328
5.8.3.4. Registro de control del temporizador GP .....	331
5.8.3.5. Registro de comparación del temporizador GP .....	333
5.8.3.6. Registro de periodo del temporizador GP .....	334
5.8.3.7. Almacenamiento doble de los Registros de Comparación y Periodo .....	334
5.8.3.8. Dirección de conteo del Temporizador GP .....	335
5.8.3.9. Reloj de los Temporizadores GP .....	335
5.8.3.10. Temporizador de 32 Bits .....	336
5.8.3.11. Entrada de Reloj con base en el QEP .....	336
5.8.3.12. Sincronización de los Temporizadores GP.....	337
5.8.3.13. Comienzo del ADC provocado por los Temporizadores GP ...	337
5.8.3.14. Interrupciones de los Temporizadores GP.....	338
5.8.4. Temporizador GP en Operación de Conteo .....	339
5.8.4.1. Modo de cuenta Stop/Hold.....	339
5.8.4.2. Conteo único ascendente .....	340
5.8.4.3. Conteo continuo ascendente .....	341
5.8.4.4. Conteo direccional ascendente/descendete.....	342
5.8.4.5. Conteo único ascendente/descendete.....	344
5.8.4.6. Conteo contínuo ascendente/descendete .....	345
5.8.5. Temporizador GP en Operación de Comparación .....	347
5.8.5.1. Temporizador GP para la generación de ondas Simétricas/Asimétricas .....	348
5.8.5.2. Salida lógica .....	350
5.8.5.3. Salida del comparador en el modo de conteo direccional ascendente/descendente .....	352
5.8.5.4. Calculo del tiempo activo/inactivo.....	352
5.8.6. Generación de Comparaciones y PWM mediante el uso de Temporizadores GP .....	354

---

5.8.6.1. Generación de la salida de comparación .....	354
5.8.6.2. Generación de PWM .....	354
5.8.6.3. Reset del temporizador GP .....	355
5.8.7. Unidades de comparación .....	356
5.8.7.1. Unidades de comparación simple .....	356
5.8.7.2. Unidades de comparación completa .....	358
5.8.7.3. Entradas/Salidas de las unidades de comparación completa ....	359
5.8.7.4. Modos de operación de la comparación completa.....	360
5.8.7.5. Modo Comparación .....	360
5.8.7.6. Modo PWM .....	361
5.8.7.7. Configuración de los registros para la operación de comparación completa .....	361
5.8.7.8. Registros de las Unidades de Comparación .....	362
5.8.7.9. Interrupciones de las unidades de comparación .....	369
5.8.7.10. Reset de las Unidades de Comparación.....	369
5.8.8. Circuitos PWM asociados con las Unidades de Comparación Completa .....	370
5.8.8.1. Características de la generación de PWM .....	371
5.8.8.2. Unidad de tiempo-muerto programable.....	372
5.8.8.3. Entradas y salidas de la unidad de tiempo-muerto .....	375
5.8.8.4. Generación de tiempo-muerto .....	375
5.8.9. Salida Lógica.....	377
5.8.10. Generación de ondas mediante PWM.....	379
5.8.10.1. Señales PWM .....	379
5.8.10.2. Generación de la señal PWM .....	379
5.8.10.3. Tiempo-muerto .....	380
5.8.10.4. Generación de salidas PWM mediante el Módulo Administrador de Sucesos .....	380
5.8.10.5. Generación de PWM asimétrico y simétrico .....	381
5.8.10.6. Configuración de los registros para la generación de PWM ....	381
5.8.10.7. Generación de forma de onda PWM Asimétrica.....	382

	<i><b>Página</b></i>
5.8.10.8. Generación de forma de onda PWM Simétrica .....	383
5.8.11. PWM Vector-espacio .....	385
5.8.11.1. Inversor de potencia trifásico.....	385
5.8.11.2. Patrón de encendido de un Inversor de potencia y los Vectores Espacio básicos.....	386
5.8.11.3. Aproximación de la tensión del motor mediante Vectores de Espacio básicos.....	388
5.8.11.4. Generación de onda vector-espacio PWM mediante el Administrador de Sucesos .....	389
5.8.12. Unidades de Captura .....	393
5.8.12.1. Operación de las Unidades de Captura.....	394
5.8.12.2. Registros de las Unidades de Captura .....	396
5.8.12.3. Pilas FIFO de las Unidades de Captura .....	401
5.8.13. Circuito de cuadratura de pulso de encóder .....	403
5.8.13.1. Operación de decodificación del QEP .....	404
5.8.13.2. Conteo del QEP .....	405
5.8.13.3. Configuración de los registros para el circuito QEP .....	406
5.8.14. Interrupciones del Módulo Administrador de Sucesos .....	407
5.8.14.1. Grupos de interrupciones.....	408
5.8.14.2. Generación de interrupciones .....	409
5.8.14.3. Vectores de interrupción.....	410
5.8.14.4. Manejo de las interrupciones.....	410
5.8.14.5. Registros de los flags de interrupción del EV .....	411
<b>6. Desarrollo Hardware.....</b>	<b>425</b>
<b>7. Conclusiones.....</b>	<b>431</b>
<b>8. Bibliografía.....</b>	<b>433</b>