

ÍNDICE

<i>Agradecimientos</i>	iv
<i>Resumen</i>	v
<i>Índice de figuras</i>	xii
<i>Índice de tablas</i>	xvi

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

1.1 Introducción	1
1.2 Antecedentes del proyecto de tesis	2
1.3 Operación general del sistema	5
1.4 Objetivos de la tesis	6
1.5 Estructura de la tesis	7

CAPÍTULO 2. CARACTERÍSTICAS DEL PROCESADOR DE SEÑALES

2.1 Introducción	9
2.2 Organización del <i>hardware</i>	10
2.3 Tratamiento de las señales analógicas de entrada	12
2.4 Organización del <i>software</i>	13
2.5 Introducción al sistema operativo	13
2.5.1 Intérprete de instrucciones	14
2.5.2 Estados del intérprete de instrucciones	15
2.6 Definiciones	15
2.6.1 Estructuras de datos	15
2.6.2 Memoria intermedia de entrada (Input channel pipe)	16
2.6.3 Memoria intermedia de salida (Output channel pipe)	16
2.6.4 Memorias intermedias de comunicación (Communication pipes)	16

INDICE (continuación)

2.7 Instrucciones del sistema operativo	17
2.8 Transferencia de datos hacia la computadora anfitriona	19
2.9 Consideraciones para aumentar la eficiencia de una aplicación	19
2.10 Desbordamiento de datos de una memoria intermedia	20
2.11 Herramientas de <i>software</i> para el desarrollo de aplicaciones	21
2.12 Programación con lenguajes de alto nivel	21
2.12.1 Memorias intermedias de comunicación en la computadora anfitriona	22
2.12.2 Dispositivos ACCEL	22
2.13 Interacción con la tarjeta procesadora mediante el lenguaje de programación C	23
2.13.1 Programa que establece comunicación en formato texto	24
2.13.2 Transferencia de bloques binarios para su registro en disco	25
2.14 Programación de tareas de procesamiento	29
2.15 Conclusiones	32

CAPÍTULO 3. NUEVA FAMILIA DE VENTANAS PARA ESTIMACIÓN ESPECTRAL Y DISEÑO DE FILTROS DIGITALES

3.1 Introducción	35
3.2 Obtención de la nueva ventana	37
3.3 Aproximación a una curva gaussiana	40
3.4 Definición de una ventana	42
3.5 Comparación de la ventana propuesta con las ventanas clásicas	47
3.6 Análisis de señales senoidales	51
3.7 Espectrogramas	53
3.8 Aplicaciones de la nueva familia de ventanas en el diseño de filtros FIR	54

ÍNDICE (continuación)

3.8.1 Discretización de los filtros	56
3.8.2 Implementación de los filtros	58
3.9 Conclusiones	59

CAPÍTULO 4. NUEVOS FILTROS DIGITALES PARA DETECCIÓN DE FALLAS

4.1 Introducción	61
4.2 Familia de filtros pasapares	63
4.3 Filtrado digital para la detección de fallas empleando el filtro pasapares de orden uno en conjunción con un filtro de promedio deslizante de medio ciclo de duración	69
4.4 Filtrado digital para la detección de fallas empleando el filtro pasapares de orden dos en conjunción con un filtro de promedio deslizante de un ciclo de duración	71
4.5 Evaluación de los filtros ante señales de corriente de falla	73
4.5.1 Evaluación del filtro pasapares de orden uno	74
4.5.2 Evaluación del filtro pasapares de orden dos	75
4.5.3 Evaluación del filtro pasapares de orden cuatro	75
4.5.4 Evaluación del esquema de filtrado integrado por el filtro pasapares de orden uno en conjunción con el filtro de promedio deslizante de medio ciclo de duración	79
4.5.5 Evaluación del esquema de filtrado integrado por el filtro pasapares de orden dos en conjunción con el filtro de promedio deslizante de un ciclo de duración	79
4.6 Evaluación de los filtros ante señales de voltaje de falla	82
4.6.1 Evaluación del filtro pasapares de orden uno	82
4.6.2 Evaluación del filtro pasapares de orden dos	83
4.6.3 Evaluación del filtro pasapares de orden cuatro	84
4.6.4 Evaluación del esquema de filtrado integrado por el filtro pasapares de orden uno en conjunción con el filtro de promedio deslizante de medio ciclo de duración	84

ÍNDICE (continuación)

4.6.5 Evaluación del esquema de filtrado integrado por el filtro pasapares de orden dos en conjunción con el filtro de promedio deslizante de un ciclo de duración	86
4.7 Conclusiones	86

CAPÍTULO 5. APLICACIÓN DE LOS NUEVOS FILTROS DIGITALES EN UN REGISTRADOR DE FALLAS

5.1 Introducción	89
5.2 Descripción general del sistema	89
5.3 Diagrama de transición de estados del programa principal	92
5.3.1 Estado 0: Programa inactivo	92
5.3.2 Estado 1: Configuración inicial	93
5.3.3 Estado 2: Monitor	94
5.3.4 Estado 3: Registro de datos	95
5.3.5 Estado 4: Comunicaciones	95
5.3.6 Estado 5: Configuración local	96
5.3.7 Transiciones entre los dispositivos	98
5.4 Acondicionamiento y configuración de las señales analógicas de entrada	99
5.5 Descripción de la lógica de operación del algoritmo de detección	101
5.6 Diagrama de transición de estados del algoritmo de detección	104
5.6.1 Estado 0: Inactivo	104
5.6.2 Estado 1: Configuración inicial	104
5.6.3 Estado 2: Detección de la falla	104
5.6.4 Estado 3: Transferencia de datos	105
5.6.5 Transiciones entre los dispositivos	105
5.7 Funciones principales del algoritmo de detección	106
5.8 Conclusiones	109

ÍNDICE (continuación)

CAPÍTULO 6. CONCLUSIONES

6.1 Conclusiones	110
6.2 Aportaciones	112
6.3 Recomendaciones para trabajos futuros	113
REFERENCIAS	115
RESUMEN AUTOBIOGRÁFICO	119

ÍNDICE DE FIGURAS

1.1	Diagrama a bloques de los componentes físicos que integran el sistema	5
2.1	Organización del <i>hardware</i> de la tarjeta procesadora	11
2.2	Organización del <i>software</i> para una aplicación típica	14
2.3	Diagrama que representa el papel desempeñado por el controlador ACCEL al coordinar la comunicación entre la computadora anfitriona y la tarjeta procesadora	23
3.1	Respuesta a la frecuencia del filtro pasa bajos ideal de ancho de banda f_0	37
3.2	Función seno cardinal de amplitud $2f_0$, $To_0(u) = 2senc(2\pi u) = Tv(u)$ y $u=t/T$	38
3.3	Características frecuenciales de las funciones $O_N(u)$, $u=f/f_0$	40
3.4	Características temporales de las funciones $o_N(u)$, para una duración de cuatro ciclos, $u=t/T$ y $N=0,2,4,8$	40
3.5	Espectro de amplitud (en dB) de la nueva ventana para diferentes valores del factor leptógeno, manteniendo constante la duración $D=3T$ con $M=32$. a) $N=2$. b) $N=4$. c) $N=6$. d) $N=8$	44
3.6	Espectro de amplitud (en dB) de la nueva ventana (considerando $N=4$ en todos los casos) para diferentes valores del intervalo de duración D con $M=32$. a) $D=T$. b) $D=2T$. c) $D=3T$. d) $D=4T$	45
3.7	Espectro de amplitud (en dB) de la nueva ventana para diferentes cantidades de muestras M , manteniendo constante la duración $D=3T$, con $N=4$. a) $M=16$. b) $M=32$. c) $M=64$. d) $M=128$	46
3.8	Espectro de amplitud para diferentes ventanas	48
3.9	Espectro de amplitud que muestra la nueva ventana equivalente para algunas ventanas clásicas tomando $L=32$ muestras. La nueva ventana requirió $N=4$ y una duración $D=2.6T$ en ambas gráficas. a) Ventana equivalente a la de Hamming. b) Ventana equivalente a la de Hanning	50
3.10	Espectro de amplitud para dos tonos puros empleando diferentes ventanas. a) Ventana rectangular. b) Ventana de Hanning. c) Ventana de Hamming. d) Ventana \bar{o}_4	53
3.11	Espectrogramas que ilustran el transitorio de una señal en la que se introduce una segunda componente armónica a) Ventana \bar{o}_4 . b) Ventana rectangular	54
3.12	Filtro convencional de Fourier tipo coseno, donde $u=f/f_0$	57

ÍNDICE DE FIGURAS (continuación)

3.13	Respuesta a la frecuencia del filtro $H_c(f)$ utilizando la ventana $\bar{o}_2(t)$ de duración $D=3T$ y $M=32$, donde $u=ff_0$	57
4.1	Ejemplo de señal de corriente de falla con componente aperiódica para una línea larga	62
4.2	Demostración de la concentración energética de baja frecuencia para una señal de corriente de falla sin componente aperiódica. a) Señal de corriente de falla sin componente aperiódica muestreada a 16 muestras por ciclo. b) Espectro de amplitud normalizado centrado en la discontinuidad empleando la ventana \bar{o}_4 con $L=16$, donde $u=ff_0$	62
4.3	Esquema de detección que emplea un filtro pasapares de orden N en conjunción con un filtro de promedio deslizante. El presente esquema construye un filtro acoplado que permite el paso de la energía de la banda base	63
4.4	Gráficas que ilustran la amplitud y localización de los componentes discretos de la distribución de Bernoulli de orden N . a) $N=1$. b) $N=2$. c) $N=3$. d) $N=4$	65
4.5	Respuesta a la frecuencia de los filtros pasapares, donde $u=ff_0$. a) Filtro de orden uno. b) Filtro de orden dos. c) Filtro de orden tres. d) Filtro de orden cuatro	67
4.6	Espectro de amplitud para los filtros pasaimpares de orden dos y cuatro, donde $u=ff_0$. a) Filtro de orden dos. b) Filtro de orden cuatro	68
4.7	Respuesta a la frecuencia del filtro de promedio deslizante de medio ciclo de duración, donde $u=ff_0$	70
4.8	Respuesta a la frecuencia total para el esquema de filtrado integrado por el filtro pasapares de orden uno en conjunción con el filtro de promedio deslizante de medio ciclo, donde $u=ff_0$	70
4.9	Respuesta a la frecuencia del filtro de promedio deslizante de un ciclo de duración, donde $u=ff_0$	71
4.10	Respuesta a la frecuencia del esquema total de filtrado	72
4.11	Diagrama a bloques donde se muestra el esquema de filtrado que utiliza el filtro pasapares de orden dos en conjunción con un filtro de promedio deslizante de un ciclo de duración (encerrado en líneas punteadas) y la posible utilización del filtro pasaimpares en aplicaciones de medición fasorial; para el presente caso $N=2$	73

ÍNDICE DE FIGURAS (continuación)

4.12	Ejemplos de señales de corriente de falla. a) Señal de corriente de falla sin componente aperiódica en una línea corta. b) Señal de falla con mínima componente aperiódica en una línea larga. c) Señal de falla con componente aperiódica en una línea larga. d) Señal de falla con máxima componente aperiódica en una línea larga	74
4.13	Respuesta del filtro pasapares de orden uno ante las señales de falla de la Fig. 4.12. a) Salida para señal de falla sin componente aperiódica en línea corta. b) Salida para señal de falla con mínima componente aperiódica en una línea larga. c) Salida para señal de falla con componente aperiódica en una línea larga. d) Salida para señal de falla con máxima componente aperiódica en una línea larga	76
4.14	Respuesta del filtro pasapares de orden dos ante las señales de falla de la Fig. 4.12. a) Salida para señal de falla sin componente aperiódica en línea corta. b) Salida para señal de falla con mínima componente aperiódica en una línea larga. c) Salida para señal de falla con componente aperiódica en una línea larga. d) Salida para señal de falla con máxima componente aperiódica en una línea larga	77
4.15	Respuesta del filtro pasapares de orden cuatro ante las señales de falla de la Fig. 4.12. a) Salida para señal de falla sin componente aperiódica en línea corta. b) Salida para señal de falla con mínima componente aperiódica en una línea larga. c) Salida para señal de falla con componente aperiódica en una línea larga. d) Salida para señal de falla con máxima componente aperiódica en una línea larga	78
4.16	Respuesta del filtro pasapares de orden uno en conjunción con un filtro de promedio deslizante de medio ciclo ante las señales de falla de la Fig. 4.12. a) Salida para señal de falla sin componente aperiódica en línea corta. b) Salida para señal de falla con mínima componente aperiódica en una línea larga. c) Salida para señal de falla con componente aperiódica en una línea larga. d) Salida para señal de falla con máxima componente aperiódica en una línea larga	80
4.17	Respuesta del filtro pasapares de orden dos en conjunción con un filtro de promedio deslizante de un ciclo (ver Fig. 4.11) ante las señales de falla de la Fig. 4.12. a) Salida para señal de falla sin componente aperiódica en línea corta. b) Salida para señal de falla con mínima componente aperiódica en línea larga. c) Salida para señal de falla con componente aperiódica en línea larga. d) Salida para señal de falla con máxima componente aperiódica en línea larga	81

ÍNDICE DE FIGURAS (continuación)

4.18	Ejemplos de señales de voltaje de falla. a)Señal en donde existe una disminución repentina en la amplitud del voltaje. b)Señal de voltaje en donde ocurre un cambio de fase y una disminución repentina en la amplitud	82
4.19	Respuesta del filtro pasapases de orden uno ante las señales de voltaje de falla de la Fig. 4.18. a)Salida para una señal de voltaje en donde existe una disminución repentina en la amplitud. b)Salida para una señal en donde existe un cambio de fase y una disminución repentina en la amplitud	83
4.20	Respuesta del filtro pasapases de orden dos ante las señales de voltaje de falla de la Fig. 4.18. a)Salida para una señal de voltaje en donde existe una disminución repentina en la amplitud. b)Salida para una señal en donde existe un cambio de fase y una disminución repentina en la amplitud	84
4.21	Respuesta del filtro pasapases de orden cuatro ante las señales de voltaje de falla de la Fig. 4.18. a)Salida para una señal en donde existe una disminución repentina en la amplitud. b)Salida para una señal de voltaje en donde existe un cambio de fase y una disminución repentina en la amplitud	85
4.22	Respuesta del filtro pasapases de orden uno en conjunción con un filtro de promedio deslizante de medio ciclo ante las señales de voltaje de falla de la Fig. 4.18. a) Salida para una señal de voltaje en donde existe una disminución repentina en la amplitud. b) Salida para una señal en donde existe un cambio de fase y una disminución repentina en la amplitud	85
4.23	Respuesta del filtro pasapases de orden dos en conjunción con un filtro de promedio deslizante de un ciclo (ver Fig. 4.11) para las señales de voltaje de falla de la Fig. 4.18. a) Salida para una señal de voltaje en donde existe una disminución repentina en la amplitud. b) Salida para una señal en donde existe un cambio de fase y una disminución repentina en la amplitud	86
5.1	Diagrama a bloques simplificado que describe la lógica de operación del programa principal residente en la computadora anfitriona	90
5.2	Diagrama de transición de estados del programa principal	93
5.3	Opciones del menú principal del sistema	97
5.4	Diagrama a bloques que muestra la lógica de operación del algoritmo de detección	102
5.5	Diagrama de transición de estados del algoritmo de detección	105

ÍNDICE DE TABLAS

2.1	Especificaciones técnicas de la tarjeta procesadora	11
2.2	Estados del intérprete de instrucciones del SO	15
3.1	Comparación de las ventanas	49
4.1	Ciclos de señal requeridos para elaborar cada muestra de salida de los filtros pasapares	67
5.1	Configuración de las entradas analógicas de voltaje y corriente	101