

เครื่องเล่นซีดีรอมระบบ MPEG-1 สัญญาณเสียงลำดับชั้น 3



นายพิเชฐ พ็ชรรุ่งเรือง

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ปีการศึกษา 2542

ISBN 974-333-044-5

ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

An MPEG-1 Audio Layer III CD-ROM Player



Mr. Pichet Patchararungruang

**A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Engineering in Electrical Engineering**

Department of Electrical Engineering

Graduate School


Chulalongkorn University

Academic Year 1999

ISBN 974-333-044-5

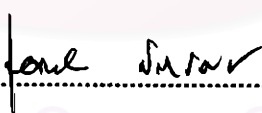
หัวข้อวิทยานิพนธ์ เครื่องเล่นวีดิโอมระบบ MPEG-1 สัญญาณเสียงลำดับชั้น 3
โดย นายพิเชฐ พัชรุ่งเรือง
ภาควิชา วิศวกรรมไฟฟ้า
อาจารย์ที่ปรึกษา รองศาสตราจารย์ ดร.เอกชัย ลีลารัมย์

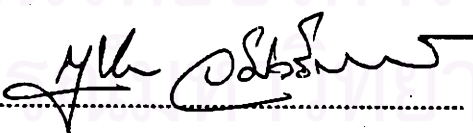
บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่ง
ของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาโทบัณฑิต

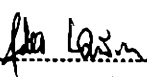

..... คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย
(รองศาสตราจารย์ ดร.สุชาดา กิระนันท์)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์


..... ประธานกรรมการ
(ศาสตราจารย์ ดร.มงคล เดชนครินทร์)


..... อาจารย์ที่ปรึกษา
(รองศาสตราจารย์ ดร.เอกชัย ลีลารัมย์)


..... กรรมการ
(รองศาสตราจารย์กฤษดา วิศวกรรมนท์)


..... กรรมการ
(อาจารย์สุวิทย์ นาคพิระยุทธ)

พิเศษ พ็ชรรุ่งเรือง : เครื่องเล่นซีดีรอมระบบ MPEG-1 สัญญาณเสียงลำดับชั้น 3 (An MPEG-1 Audio Layer III CD-ROM Player) อ.ที่ปรึกษา : รศ.ดร. เอกชัย ลีลาวิทย์, 82 หน้า. ISBN 974-333-044-5.

วิทยานิพนธ์นี้นำเสนอวิธีการออกแบบและสร้างเครื่องเล่นซีดีรอมระบบ MPEG -1 สัญญาณเสียงลำดับชั้น 3 ซึ่งฮาร์ดแวร์ประกอบไปด้วยส่วนหลัก 3 ส่วน ส่วนแรกคือส่วนควบคุมเครื่องอ่านแผ่นซีดีรอมแบบ ATAPI ส่วนนี้ใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51 ทำหน้าที่สร้างสัญญาณควบคุมและอ่านข้อมูลจากแผ่นซีดีรอม ส่วนที่สองคือส่วนควบคุมการไหลของข้อมูลดิบจากเครื่องอ่านแผ่นซีดีรอมไปยังส่วนถอดรหัสให้เป็นไปอย่างต่อเนื่องและควบคุมการไหลของข้อมูลที่ถอดรหัสเรียบร้อยแล้วจากส่วนถอดรหัสไปยังตัวแปลงสัญญาณเชิงเลขเป็นสัญญาณแอนะล็อก ส่วนนี้ถูกออกแบบด้วยภาษา VHDL และสังเคราะห์ลงบนชิป FPGA เบอร์ XC4010E ที่มีความซับซ้อนเทียบเท่าเกต 10,000 ตัว และส่วนสุดท้ายคือส่วนถอดรหัสทำหน้าที่ถอดรหัสจากข้อมูลดิบที่ได้จากแผ่นซีดีรอมกลับไปเป็นสัญญาณการมอดูเลตแบบรหัสพัลส์ (พีซีเอ็ม) ส่วนนี้ใช้ชิปประมวลผลสัญญาณเชิงเลขเบอร์ TMS320c31-60 เป็นตัวประมวลผลหลัก ซึ่งสามารถคูณจำนวนองศาตรีโกณมิติขนาด 32 บิตได้ภายในหนึ่งรอบสัญญาณนาฬิกาและทำงานที่ความถี่ 60 MHz ส่วนซอฟต์แวร์นั้นกล่าวถึงวิธีการจัดการหน่วยความจำเพื่อดึงเอาประสิทธิภาพการทำงานของชิปประมวลผลออกมาให้มากที่สุด พร้อมทั้งการดัดแปลงวิธีการคำนวณเพื่อให้สามารถถอดรหัสได้ในแบบเวลาจริง

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาควิชา วิศวกรรมไฟฟ้า
สาขาวิชา วิศวกรรมไฟฟ้า
ปีการศึกษา 2542

ลายมือชื่อนิสิต พิเศษ พ็ชรรุ่งเรือง
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา fore sun
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม

4070354821: MAJOR ELECTRICAL ENGINEERING

KEY WORD: ATAPI / MPEG-1 LAYER III / MP3

PICHET PATCHARARUNGRUANG: AN MPEG-1 AUDIO LAYER III CD-ROM
PLAYER. THESIS ADVISOR : ASSO. PROF. EKACHAI LEELARASMEE, Ph.D. 82 pp.
ISBN 974-333-044-5.

This thesis presents the design and construction of an MPEG-1 Layer III CD-ROM player. The hardware of the player consists of 3 essential parts. The first part is an ATAPI CD-ROM drive controller. This part uses an MCS-51 microcontroller together with some peripheral devices, such as LCD, keyboard, etc., to generate necessary signals for controlling the operation of the CD-ROM drive and to read its raw data stream. The second part is the data flow control. The main functions of this part are to make continuous flow of the raw data from the CD-ROM to the decoding part and to synchronize the already decoded data from the decoding part to a 16-bit serial digital-to-analog converter. It is designed by using VHDL and synthesized on an XC4010E FPGA chip with an equivalent complexity of about 10,000 gates. The last part is the decoding part in which a TMS320c31-60 DSP chip, with a built-in one-cycle 32-bit floating-point multiplication instruction and a 60-MHz clock, is selected as the main processor for performing the complicate decoding of the raw data from the CD-ROM into a PCM bit stream. About software, to achieve the real time decoding, the conventional decoded algorithms are substituted by the fast algorithms to gain the maximum performance of the DSP chip as much as possible. Not only an efficient memory management technique is proposed but the utilization of this technique to those algorithms will also be shown.

ภาควิชา.....วิศวกรรมไฟฟ้า.....
สาขาวิชา.....วิศวกรรมไฟฟ้า.....
ปีการศึกษา.....2542.....

ลายมือชื่อนิสิค.....
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา.....
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม.....

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยความช่วยเหลืออย่างดียิ่งของ รศ. ดร.เอกชัย สีสลา-
รัศมี อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ อ.สุวิทย์ นาคพิระยุทธ ซึ่งได้ให้คำแนะนำ และข้อคิดเห็นต่าง ๆ
พร้อมทั้งจัดหาอุปกรณ์ที่จำเป็นในการวิจัยด้วยดีตลอด และเนื่องจากการวิจัยครั้งนี้ได้รับเงิน
สนับสนุนจากโครงการศิษย์ก้นกุฎิ จึงขอขอบคุณมา ณ โอกาสนี้ด้วย

ข้าพเจ้าขอขอบคุณห้องปฏิบัติการวิจัยระบบเชิงเลข ซึ่งเป็นสถานที่ทำการวิจัย รวมถึงเพื่อน
ที่น้องนิสิตห้องปฏิบัติการวิจัยระบบเชิงเลขทุกท่าน ที่มีส่วนช่วยเหลือในการให้ข้อคิดเห็น คำแนะนำ
และกำลังใจแก่ข้าพเจ้าตลอดระยะเวลาการศึกษาอย่างดียิ่ง

ท้ายนี้ ข้าพเจ้าใคร่ขอกราบขอบพระคุณบิดามารดา ซึ่งให้การสนับสนุนในด้านการเงิน และ
ให้กำลังใจแก่ข้าพเจ้าเสมอมาจนสำเร็จการศึกษา

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญ

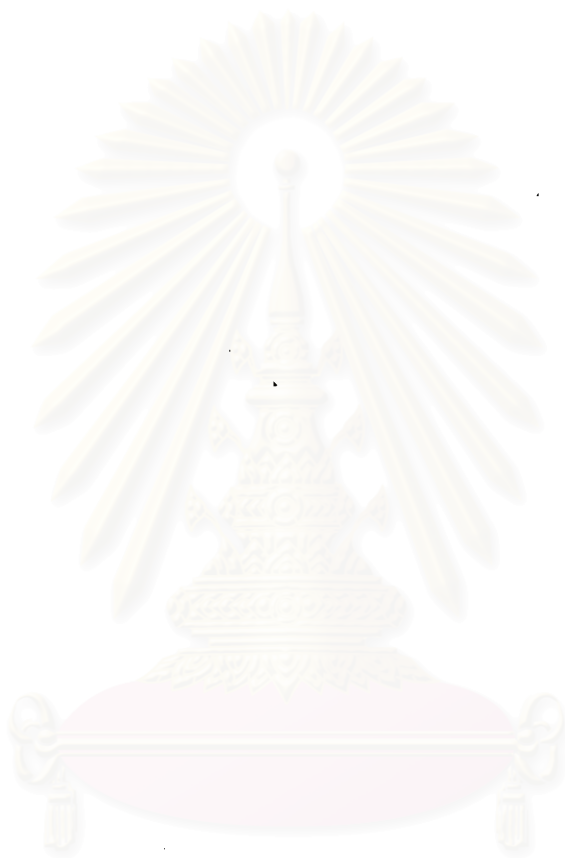
	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	๖
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	๗
กิตติกรรมประกาศ.....	๘
สารบัญ.....	๙
สารบัญภาพ.....	๑๐
บทที่	
1 บทนำ.....	1
1.1 แนวเหตุผลในการทำวิทยานิพนธ์.....	1
1.2 วัตถุประสงค์.....	2
1.3 ขอบเขตของงานวิจัย.....	2
1.4 ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย.....	2
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	3
2 การเข้ารหัสและถอดรหัสแบบ MPEG-1 ลำดับชั้น 3.....	4
2.1 การเข้ารหัส.....	5
2.1.1 Analysis Filter Bank.....	5
2.1.2 Windowing & Modified Discrete Cosine Transform (MDCT).....	5
2.1.3 Psychoacoustic Model.....	10
2.1.4 Quantization, Huffman Coding และ Frame Packaging.....	14
2.2 การถอดรหัส.....	15
2.2.1 Frame Extracting, Huffman Decoding, Dequantization.....	15
2.2.2 IMDCT และ Windowing.....	15
2.2.3 การทำ Synthesis Filter Bank.....	16
2.3 การดัดแปลงวิธีการคำนวณ.....	18
2.3.1 การทำ IMDCT และ Windowing.....	18
2.3.2 การทำ Synthesis Filter Bank.....	19
3 โครงสร้างโดยรวมของเครื่องเล่นซีดีรอมระบบ MPEG-1 สัญญาณเสียงลำดับชั้น 3.....	21
3.1 ส่วนติดต่อกับเครื่องอ่านซีดีรอมแบบ ATAPI และ ส่วนติดต่อกับผู้ใช้.....	22

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
3.2	ส่วนควบคุมการไหลของข้อมูล..... 23
3.3	ส่วนถอดรหัส MPEG-1 สัญญาณเสียงลำดับชั้น 3..... 24
4	ส่วนควบคุมเครื่องอ่านแผ่นซีดีรอม..... 25
4.1	โครงสร้างของฮาร์ดแวร์..... 25
4.2	ขอบเขตการทำงานของโปรแกรม..... 27
4.3	การพัฒนาโปรแกรม..... 27
4.4	โปรแกรมหลัก..... 27
4.5	โปรแกรมบริการอินเตอร์รัปต์..... 30
5	ส่วนควบคุมการไหลของข้อมูล..... 31
5.1	โครงสร้างภายในของส่วนควบคุมการไหลของข้อมูล..... 32
5.2	หน่วยความจำเข้าถึงแบบสุ่ม และหน่วยความจำอ่านอย่างเดียว..... 32
5.3	การจัดหน่วยความจำในส่วนของที่พักข้อมูล..... 34
5.4	การทำงานของส่วนควบคุมการไหลของข้อมูล..... 35
6	ส่วนถอดรหัส MPEG-1 ลำดับชั้น 3..... 43
6.1	โครงสร้างทางฮาร์ดแวร์..... 43
6.2	การเขียนซอฟต์แวร์..... 43
6.3	การทำ Huffman Decode..... 53
6.4	การทำ Synthesis Filter Bank..... 57
7	การทดสอบ และสรุปผล..... 60
7.1	การทดลองการทำ Subband Synthesis Filter..... 61
7.2	การทดสอบโปรแกรมถอดรหัส..... 62
7.3	ปัญหาในการทำงาน..... 64
7.4	สรุป..... 64
7.5	ข้อเสนอแนะ..... 64
	รายการอ้างอิง..... 65
	ภาคผนวก..... 67
	ภาคผนวก ก รายละเอียดแผนภาพวงจรเริ่มต้นแบบ..... 67

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
ภาคผนวก ข มาตรฐาน ATAPI.....	71
ประวัติผู้เขียน.....	82



สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญภาพ

	หน้า
รูปที่ 2.1 ขั้นตอนในการเข้าและถอดรหัสตามมาตรฐาน MPEG-1 Layer III.....	4
รูปที่ 2.2 ตัวอย่างการผ่านสัญญาณรูปไซน์ความถี่ 1.5 kHz ที่ความถี่ในการสุ่มตัวอย่าง 32 kHz จำนวน 256 ตัวอย่างเข้าสู่ Analysis Filter Bank.....	6
รูปที่ 2.3 โครงสร้างของกระบวนการ Windowing และ MDCT.....	7
รูปที่ 2.4 อัตราขยายที่ตัวอย่างต่างๆ ของ subband ของหน้าต่าง type 0.....	8
รูปที่ 2.5 อัตราขยายที่ตัวอย่างต่างๆ ของ subband ของหน้าต่าง type 1.....	8
รูปที่ 2.6 อัตราขยายที่ตัวอย่างต่างๆ ของ subband ของหน้าต่าง type 3.....	8
รูปที่ 2.7 อัตราขยายที่ตัวอย่างต่างๆ ของ subband ของหน้าต่าง type 2.....	9
รูปที่ 2.8 การใช้งาน block type 2 จำนวน 3 ครั้งใน 1 รอบการทำงาน.....	9
รูปที่ 2.9 ตัวอย่างการใช้ window function แบบที่ 0, 0, 1, 2, 2, 3 และ 0 ตามลำดับ.....	10
รูปที่ 2.10 เส้นแบ่งเขตเริ่มต้นการได้ยิน.....	12
รูปที่ 2.11 ตัวอย่างของปรากฏการณ์ Frequency Masking.....	13
รูปที่ 2.12 นิยามของค่า MNR (Mask-to-Noise Ratio) และ SMR (Signal-to-Mask Ratio).....	13
รูปที่ 2.13 ตัวอย่างของปรากฏการณ์ Temporal Masking.....	14
รูปที่ 2.14 การทำ IMDCT และ Windowing.....	16
รูปที่ 2.15 การทำ Synthesis Filter Bank.....	17
รูปที่ 2.16 ขั้นตอนการทำ Synthesis Filter Bank.....	17
รูปที่ 3.1 โครงสร้างโดยรวมของเครื่องเล่นซีดีรอมระบบ MPEG-1 สัญญาณเสียงลำดับชั้น 3... 21	21
รูปที่ 3.2 โครงสร้างของส่วนควบคุมเครื่องเล่นซีดีรอม.....	22
รูปที่ 3.3 โครงสร้างของส่วนควบคุมการไหลของข้อมูล.....	23
รูปที่ 3.4 โครงสร้างของส่วนถอดรหัสข้อมูล.....	24
รูปที่ 4.1 โครงสร้างของส่วนควบคุมเครื่องเล่นซีดีรอม.....	25
รูปที่ 4.2 แผนภาพการจัดตำแหน่งของหน่วยความจำโปรแกรมและหน่วยความจำข้อมูล.....	26
รูปที่ 4.3 แผนภาพการจัดตำแหน่งของพอร์ตในการควบคุมอุปกรณ์ภายนอกต่างๆ.....	26
รูปที่ 5.1 โครงสร้างภายในของส่วนควบคุมการไหลของข้อมูล.....	33
รูปที่ 5.2 เส้นใยที่การที่บัพเฟอร์ส่วนที่หนึ่งเต็ม (ก) และว่าง (ข) ตามลำดับ.....	35
รูปที่ 5.3 เส้นใยที่การที่บัพเฟอร์ส่วนที่สองเต็ม (ก) และว่าง (ข) ตามลำดับ.....	35

สารบัญภาพ (ต่อ)

	หน้า
รูปที่ 5.4 สัญญาณภายในของบัส BusUsage.....	36
รูปที่ 5.5 แผนภูมิแสดงการทำงานของบล็อก Central Control.....	36
รูปที่ 5.6 แผนภูมิแสดงการทำงานของบล็อก CD2Mem.....	37
รูปที่ 5.7 โครงสร้างภายในของบล็อก Mem2DSP.....	38
รูปที่ 5.8 แผนภูมิแสดงการทำงานของบล็อก Mem2DSP.....	39
รูปที่ 5.9 แผนภูมิแสดงการทำงานของบล็อก Sd2DSP.....	40
รูปที่ 5.10 แผนผังสัญญาณการเขียนข้อมูลเข้าทางพอร์ตนุกรมของ DSP.....	40
รูปที่ 5.11 โครงสร้างภายในของบล็อก DSP2Mem.....	40
รูปที่ 5.12 แผนผังสัญญาณการอ่านข้อมูลทางพอร์ตนุกรมของ DSP.....	41
รูปที่ 5.13 แผนภูมิแสดงการทำงานของบล็อก Rserial.....	41
รูปที่ 5.14 แผนภูมิแสดงการทำงานของบล็อก WriteMem.....	41
รูปที่ 5.15 โครงสร้างภายในของบล็อก Mem2DA.....	42
รูปที่ 5.16 แผนผังสัญญาณที่ออกจากบล็อก Sd2DA.....	42
รูปที่ 5.17 แผนภูมิแสดงการทำงานของบล็อก ReadMem.....	42
รูปที่ 6.1 โครงสร้างทางฮาร์ดแวร์ของส่วนถอดรหัส.....	44
รูปที่ 6.2 รูปแบบการจัดเก็บตาราง Huffman ที่ 0 ถึง 31 ลงหน่วยความจำ.....	54
รูปที่ 6.3 ค่าจากตาราง Huffman ที่ 2 เมื่อนำมาแปลงเป็นรูปแบบที่ใช้จัดเก็บใน หน่วยความจำโดยเรียงจาก XY จากน้อยไปหามาก.....	54
รูปที่ 6.4 รูปแบบการจัดเก็บตาราง Huffman ที่ A และ B ลงหน่วยความจำ.....	55
รูปที่ 6.5 ตาราง Huffman ที่ 2.....	55
รูปที่ 6.6 ตาราง Huffman ที่ 2 เมื่อจะนำมาทำดัชนีโดยพิจารณา hcod 4 บิตแรก.....	56
รูปที่ 6.7 ตาราง Huffman ที่ 2 เมื่อทำการจัดเรียงตาม hcod จากน้อยไปหามากแล้ว.....	57
รูปที่ 6.8 แผนภาพอย่างง่ายของการทำ Synthesis Filter Bank.....	58
รูปที่ 7.1 บอร์ดต้นแบบที่ใช้ในการทดสอบโปรแกรมประกอบด้วยส่วนถอดรหัส และส่วนควบคุมการไหลของข้อมูล.....	60
รูปที่ 7.2 บอร์ดต้นแบบในส่วนควบคุมเครื่องเล่นซีดีรวม.....	60
รูปที่ 7.3 กราฟตัวอย่างของเวลาในการถอดรหัสแต่ละเฟรมของเพลงตัวอย่างเพลงหนึ่ง.....	62

สารบัญญภาพ (ต่อ)

	หน้า
รูปที่ 7.4 ตัวอย่างความแตกต่างของสัญญาณของชายเมื่อเปรียบเทียบกับ โปรแกรมถอดรหัสบนเครื่องคอมพิวเตอร์.....	63
รูปที่ 7.5 ตัวอย่างความแตกต่างของสัญญาณของขวาเมื่อเปรียบเทียบกับ โปรแกรมถอดรหัสบนเครื่องคอมพิวเตอร์.....	63



สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย