สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าฉลาดกระบัง

รายงานโครงการวิจัยโดยใช้เงินรายได้คณะวิศวกรรมศาสตร์

ประจำปี 2550

การออกแบบวงจรควบคุมจอแสดงผลแบบ VGA สำหรับแสดงผลกราฟฟิคและการประยุกต์โดยใช้ FPGA

Design controller VGA monitor using FPGA

โดย

ดร.สิรภพ ตู้ประกาย

RCH
TK
8315
ส7280
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
สถาบันหนังสือ.....
เลขทะเบียน.....84524
วัน,เดือน,ปี.....13 ต.ค. 2551

11RR6180

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทคัดย่อ

โครงการวิจัยนี้นำเสนอการออกแบบการออกแบบวงจรควบคุมจอแสดงผลแบบ VGA สำหรับแสดงผลกราฟฟิคและการประยุกต์โดยใช้ FPGA (Field Programmable Gate Array) มาใช้ในการออกแบบวงจร ซึ่งใช้ภาษา VHDL ในการอธิบายการทำงาน และสามารถใช้งานได้ทันทีเมื่อนำไปต่อกับจอภาพโดยสามารถแสดงผลได้ทั้งภาพสีและขาวดำ สามารถรับข้อมูลจาก keyboard และแสดงผลเป็นตัวหนังสือบนจอภาพได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Abstract

This project proposed design control VGA monitor for graphic and using FPGA describes the operation of hardware. By using VHDL to explain work flow. The image which were processed in each type will be show to VGA controlling by FPGA

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	I
Abstract	II
สารบัญ	III
สารบัญตาราง	IV
สารบัญรูป	V
บทที่ 1 บทนำ	1
บทที่ 2 ทฤษฎี	2
บทที่ 3 ผลการทดลอง	8
บทที่ 4 สรุปและข้อเสนอแนะ	12
บรรณานุกรม	13

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 2.1 แสดงเวลาในช่วงต่าง ๆ ของสัญญาณการสแกนทางแนวนอนและค่าการแปลงเวลาเป็นข้อมูลที่ใช้ในการเขียนโปรแกรม 6

ตารางที่ 2.2 แสดงเวลาในช่วงต่าง ๆ ของสัญญาณการสแกนทางแนวตั้งและค่าการแปลงเวลาเป็นข้อมูลที่ใช้ในการเขียนโปรแกรม 7

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

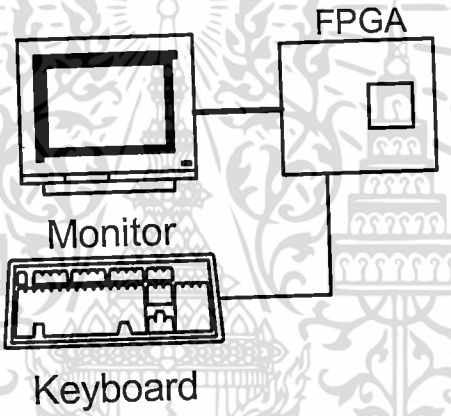
สารบัญรูป

	หน้า
รูปที่ 1.1 โครงสร้างโดยรวมของชิ้นงาน	1
รูปที่ 2.1 แสดงอุปกรณ์ CRT ซึ่งคือหลอดแก้วที่ยิงอิเลกตรอนไปยังฉากหน้า	2
รูปที่ 2.2 การควบคุมการเคลื่อนที่ของลำอิเล็กตรอน	3
รูปที่ 2.3 การสแกนภาพแบบราสเตอร์	4
รูปที่ 2.4 การผสมแม่สีของแสง	5
รูปที่ 2.5 สัญญาณการสแกนและสัญญาณการอ้างอิงตำแหน่งทางแนวนอน	6
รูปที่ 2.6 สัญญาณการสแกนและสัญญาณการอ้างอิงตำแหน่งทางแนวตั้ง	7
รูปที่ 3.1 แสดง Symbol ส่วนของภาคขับสัญญาณที่ถูกเรียกใช้ใน Graphic Editor	8
รูปที่ 3.2 แสดง Graphic Editor เพื่อกำเนิด color bars บนจอแสดงผล	8
รูปที่ 3.3 แสดงผลการจำลองสัญญาณอ้างอิงทางแนวตั้งและแนวนอน	9
รูปที่ 3.4 สัญญาณ Horizontal synchronization	9
รูปที่ 3.5 สัญญาณ vertical synchronization	10
รูปที่ 3.6 สัญญาณสีที่วัดได้จากออสซิลโลสโคป	10
รูปที่ 3.7 แสดงระดับแถบสีแบบเกรย์สเกล	11
รูปที่ 3.8 แสดงการเปรียบเทียบระหว่างภาพต้นแบบกับภาพที่นำมาแสดงผลทางหน้าจอวีจีเอ	11

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

โครงการนี้จะเป็นการประยุกต์ ใช้อุปกรณ์ที่เรียกว่า เอฟพีจีเอ (FPGA) หรือProgrammable Gate Array Field ซึ่งจะสามารถออกแบบวงจรรวมได้ง่ายและสะดวกขึ้น เพื่อที่จะควบคุมการยิงของลำอิเล็กตรอนของหลอดภาพ และสามารถที่จะแสดงผลออกมาเป็นภาพออกทางจอภาพ โดยที่หลอดภาพโดยทั่วไปก็จะประกอบด้วยลำอิเล็กตรอนสีหลักคือ สีแดง สีเขียวและสีน้ำเงิน ซึ่งสีเหล่านี้สามารถผสมแล้วจะได้สีต่างๆ แต่ก่อนที่จะออกมาเป็นภาพที่เราเห็นได้นั้น จะต้องมีการควบคุมการยิงของลำอิเล็กตรอนให้เคลื่อนที่ไปสัมพันธ์พร้อมๆ กันกับสัญญาณที่เรียกว่า สัญญาณซิงก์โครไนซ์ เมื่อควบคุมสัญญาณของสีเหล่านี้ได้ ก็จะทำให้ได้ออกมาเป็นภาพที่แสดงบนจอภาพ



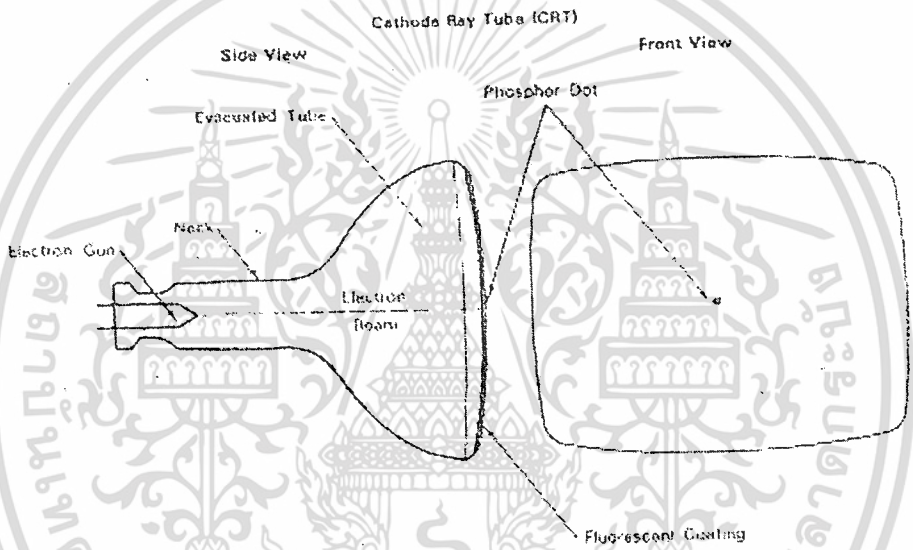
รูปที่ 1.1 โครงสร้างโดยรวมของชิ้นงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
ทฤษฎี

2.1 การกำเนิดการแสดงผลภาพ บนจอภาพระบบ VGA

สัญญาณที่ใช้ในระบบภาพ VGA ประกอบด้วย 5 สัญญาณด้วยกัน โดยมี 2 สัญญาณที่เกี่ยวข้องกับระดับสัญญาณลอจิก TTL คือ สัญญาณ Horizontal Sync และ Vertical Sync ซึ่งใช้สำหรับสังเคราะห์สัญญาณภาพ ส่วนอีก 3 สัญญาณนั้นจะเกี่ยวข้องกับสัญญาณอนาลอก โดยมีค่า 0.7 – 1.0 Vp-p จะใช้ควบคุมสัญญาณสี ซึ่งสัญญาณสีประกอบด้วยสีแดง สีเขียว และสีน้ำเงิน ซึ่งเรียกรวมกันว่า สัญญาณ RGB

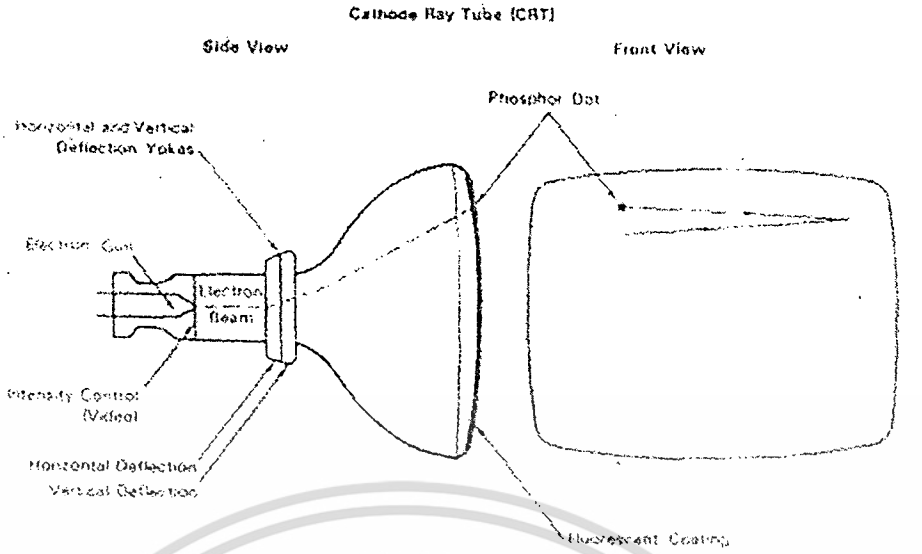


รูปที่ 2.1 แสดงอุปกรณ์ CRT ซึ่งคือหลอดแก้วที่ยิงอิเลกตรอนไปยังฉากหน้า

2.2 เทคโนโลยีการแสดงผลภาพจอ

เทคโนโลยีที่ใช้โดยส่งการแสดงผลเป็นสัญญาณภาพนิ่งที่เหมือนธรรมชาติในรูปแบบของสัญญาณภาพ จะใช้หลอดภาพอิเล็กทรอนิกส์ (Cathode ray tube: CRTs) เป็นอุปกรณ์ที่ใช้โดยทั่วไป โดยจะมีหลอดอิเล็กตรอนยิงลำอิเล็กตรอนกวาดสแกนบนฉากตามแนวนอนที่ต่อเนื่องกันและเพื่อที่จะกำเนิดมาเป็นภาพ จะมีแกนเหล็กสำหรับเบี่ยงเบนลำอิเล็กตรอน ขดลวดเลี้ยวเบนนี้จะแบ่งเป็นแกนแนวตั้งกับแนวนอน โดยจะอาศัยสนามแม่เหล็กเบี่ยงเบนลำอิเล็กตรอนให้ไปตามตำแหน่งที่ต้องการบนฉากของจอภาพ ส่วนข้อมูลของสัญญาณ RGB ที่ออกมาเป็นสัญญาณภาพจะใช้ควบคุมความแรงของอิเลกตรอนและแสงที่เกิดขึ้นบนจอภาพนั้นเกิดจากการที่มีสัญญาณภาพเข้ามาซึ่งจะทำให้อิเลกตรอนทำงานและสามารถพุ่งไปปะทะจุดสีเรืองแสงบนฉากของหลอดภาพ CRT ซึ่งบนฉากของ CRT จะเคลือบด้วยสารเรืองแสง 3 สี (แดง, เขียว, น้ำเงิน)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.2 การควบคุมการเคลื่อนที่ของลำอิเล็กตรอน

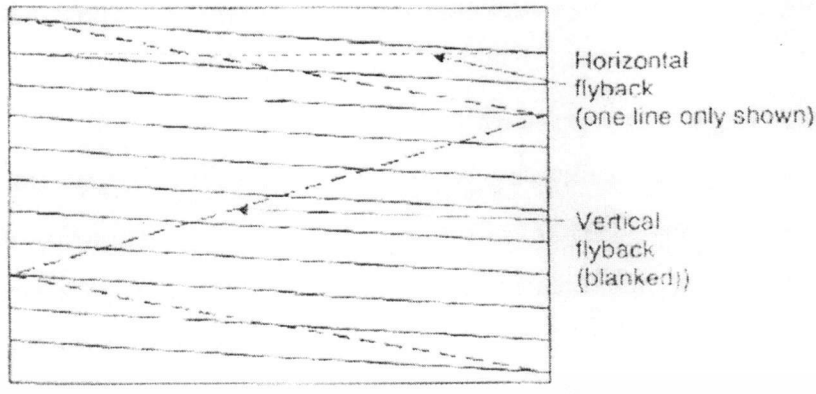
2.3 การกวาดตรวจภาพ

การที่จะนำภาพ 2 มิติเคลื่อนย้ายจากที่หนึ่งไปยังอีกที่หนึ่งทำได้โดยทำภาพนั้นเป็นสัญญาณไฟฟ้าซึ่งง่ายต่อการเคลื่อนย้าย แต่ปัญหาคือจะทำการเปลี่ยนภาพ 2 มิติเป็นโวลต์ที่เปลี่ยนตามเวลา จะแก้ไขปัญหานี้ด้วยในทฤษฎีของการกราดตรวจ

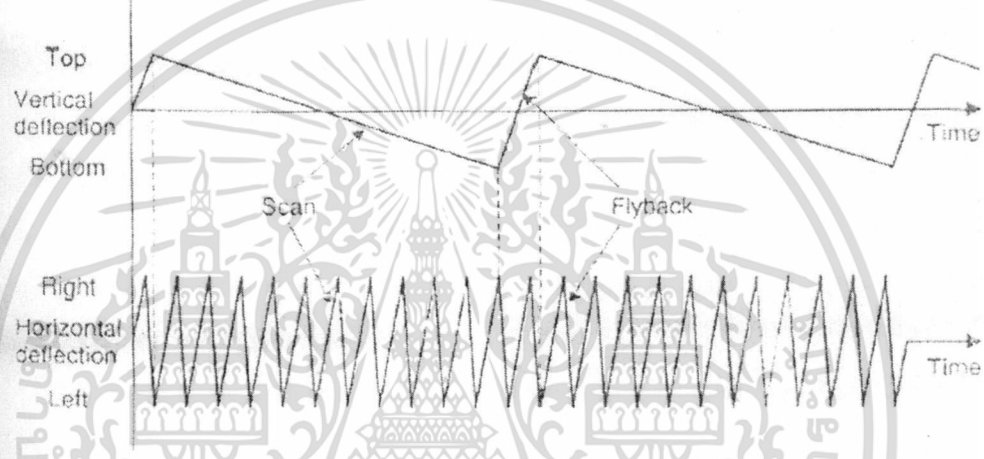
วิธีการสแกนของ CRT ที่นิยมใช้กับอย่างแพร่หลายในการออกแบบโทรทัศน์และจอแสดงภาพแสดงผล เรียกว่า การตรวจกวาดแบบราสเตอร์ (Raster scan) ซึ่งวิธีนี้จะต้องมีซิงก์ทั้งแนวแกนตั้งและแนวนอนเพื่อให้ลำอิเลกตรอนสามารถเคลื่อนที่ได้

โดยจะสแกนจากซ้ายไปขวาและจากบนลงล่างของจอภาพ โดยลำอิเล็กตรอนจะถูกเลี้ยวเบนให้อยู่ทางมุมซ้ายบนและเมื่อกวาดไปทางขวาของฉาก ลำอิเลกตรอนก็จะสะบัดกลับโดยการสะบัดกลับนี้เรียกว่า Retrace หรือ fly back ซึ่งส่วนการสะบัดกลับลำอิเลกตรอนจะมีความเข้มลดลง ซึ่งจะลดลงเพียงพอไม่ให้ฉากที่เคลือบด้วยฟลูเรซเซนท์ไม่ถูกกระตุ้นทำให้เกิดแสงสว่าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



(ก)



(ข)

รูปที่ 2.3 การสแกนภาพแบบราสเตอร์

ก) การเคลื่อนที่ของการสแกนภาพ

ข) กราฟแสดงความสัมพันธ์ของการเคลื่อนที่ของการสแกนกับเวลา

2.4 การซิงก์โครไนซ์

การทำให้การสแกนภาพนิ่งได้ถูกต้องนั้นเป็นของสัญญาณซิงก์ ซึ่งแบ่งเป็นสัญญาณ Horizontal และ Vertical sync โดยทำงานไปพร้อม ๆ กันได้นั้นเพราะสัญญาณนี้จะส่งข้อมูล timing แนบไปกับสัญญาณ VIDEO

การซิงก์โครไนซ์ในแกนนอนและแกนตั้ง

- Horizontal Sync จะเริ่มทำงานที่การเริ่ม retrace หรือจบการ trance จะไม่ทำตอนเริ่ม trance
- Vertical Sync เริ่มทำงานที่การเริ่ม retrace ในแนวแกนตั้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5 อัตราการสแกนภาพ

ในมาตรฐานของระบบภาพของ USA อันตราการกวาดเส้นในแนวนอนของลำอิเล็กตรอนสำหรับโทรทัศน์คือ 31.5 kHz และถ้าต้องการให้เคลื่อนที่ไปพร้อมกันในแนวตั้ง มีอัตราการกวาดที่ 60 Hz ซึ่งจะทำให้เกิดเส้นกวาดในแนวนอนจากบนสุดจนถึงล่างสุดของฉากทั้งหมดเท่ากับ 31500/60 = 525 เส้น

จำนวนสัญลักษณ์ที่จะแสดงได้ใน 1 แถวนั้นจะขึ้นอยู่กับความถี่ของสัญญาณภาพที่ใช้ ส่วนจำนวนบรรทัดที่จะแสดงผลบนจอภาพนั้นจะขึ้นอยู่กับอัตราการสแกนภาพ

2.6 คุณสมบัติของแสงและสี

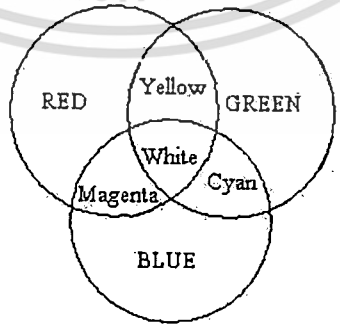
แสงโดยทั่วไปแบ่งเป็น 2 ประเภท คือแสงที่ตามนุษย์มองเห็นกับแสงที่ตามนุษย์มองไม่เห็น

- แสงที่ตามนุษย์มองไม่เห็น เช่น รังสีแกมมา รังสีเอ็กซ์ แสงเหนือม่วง และแสงใต้แดง
- แสงที่ตามนุษย์มองเห็น เป็นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่มีช่วงความยาวคลื่นประมาณ 380 nm ถึง 780 nm

2.7 การผสมและการแยกแสงสี

การผสมแสงสีจะเป็นการผสมแม่สี เพื่อทำให้เกิดสีต่าง ๆ ขึ้น ซึ่งแม่สีนี้จะต้องเป็นสีอิสระคือไม่สามารถนำสีอื่นมาผสมเป็นสีนั้นได้ แม่สีของแสงนั้นมีอยู่ด้วยกัน 3 สีคือ แดง เขียว และน้ำเงิน สีอื่นที่เกิดจากการผสมมีดังนี้

- แสงสีเหลือง ได้จาก แสงสีแดง + แสงสีเขียว
- แสงสีฟ้าอมเขียว ได้จาก แสงสีเขียว + แสงสีน้ำเงิน
- แสงสีม่วง ได้จาก แสงสีน้ำเงิน + แสงสีแดง
- แสงสีขาว ได้จาก แสงสีแดง + แสงสีเขียว + แสงสีน้ำเงิน



รูปที่ 2.4 การผสมแม่สีของแสง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

องค์ประกอบของภาพ

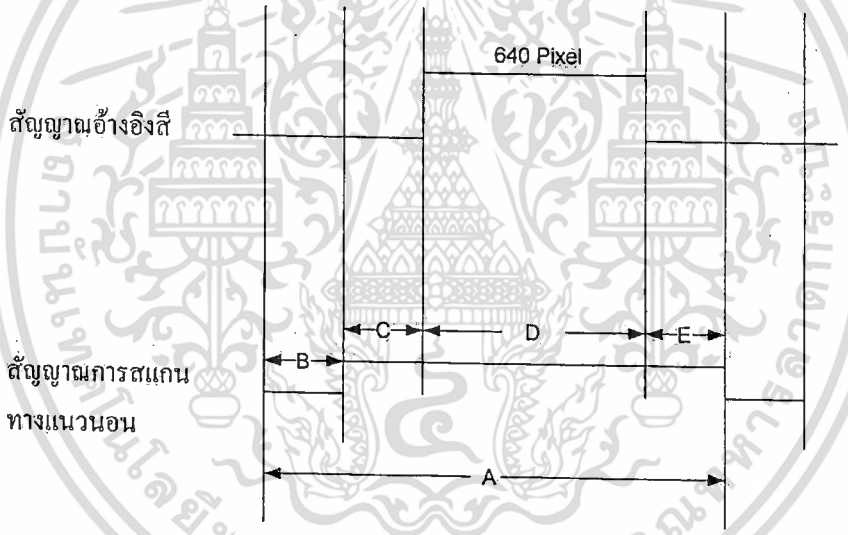
ภาพที่ปรากฏบนจอภาพจะมีจุดเรียกว่า Picture element หรือ pixel ในมาตรฐานระบบสแกน 525 เส้น แต่ละเส้นจะแบ่งได้เป็น 700 เส้น ดังนั้นจึงกล่าวได้ว่าหากจะหาองค์ประกอบภาพจะได้ 525*800 = 420000 pixel ใช้แบนวิดท์ 6 MHz ยิ่งภาพมีจำนวนเส้นสแกนมากเท่าไร รายละเอียดของภาพหรือความคมชัดก็จะมากขึ้นด้วย

ระบบสแกนที่ประเทศไทยใช้คือ 625 เส้น จะต้องใช้แบนวิดท์เท่ากับ 7 MHz ความละเอียดก็จะมากขึ้น องค์ประกอบภาพที่ได้จะเท่ากับ 652*851 = 531875 pixel

2.8 การคำนวณการสร้างสัญญาณควบคุม VGA

โดยใช้ไอซีเบอร์ EPF 10K10 รับสัญญาณนาฬิกาจาก oscillator 25.175 MHz

การสร้างสัญญาณสแกนทางแนวนอน



รูปที่ 2.5 สัญญาณการสแกนและสัญญาณการอ้างอิงตำแหน่งทางแนวนอน

สัญญาณการสแกนทางแนวนอนจะเป็นตัวกำหนดการสแกนทางแกนนอนในแต่ละแถวจะมีค่าข้อมูลอยู่ในช่วงประมาณ 794 คือช่วง C+D+E นั้นเอง

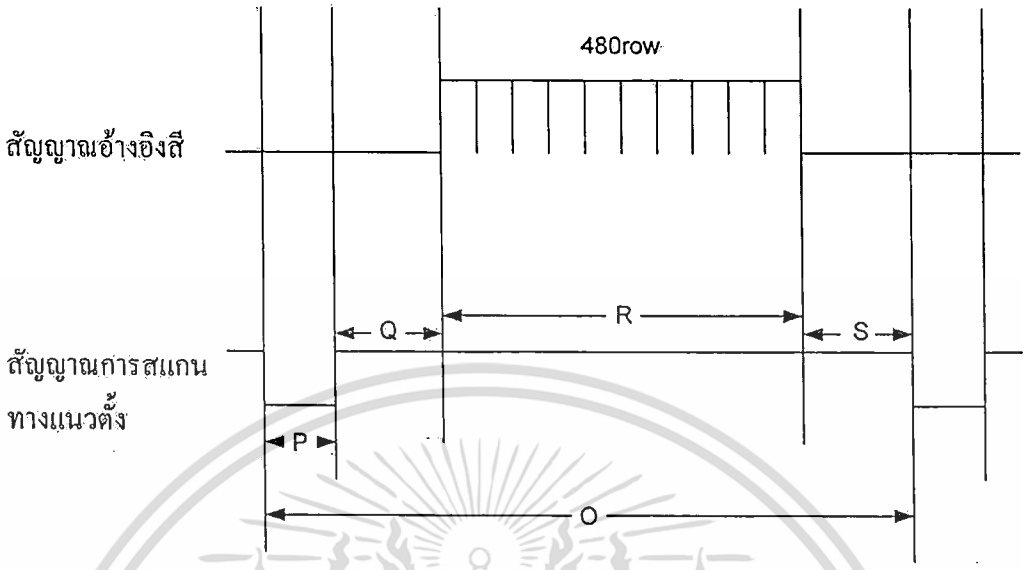
ตารางที่ 2.1 แสดงเวลาในช่วงต่าง ๆ ของสัญญาณการสแกนทางแนวนอนและค่าการแปลงเวลาเป็นข้อมูลที่ใช้ในการเขียนโปรแกรม

Parameter	A	B	C	D	E
Time	31.77 µs	3.77 µs	1.89 µs	25.17 µs	0.94 µs
Data	794.25 µs	94.25 µs	47.25 µs	629.25 µs	23.5 µs

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

การสร้างสัญญาณสแกนทางแนวตั้ง



รูปที่ 2.6 สัญญาณการสแกนและสัญญาณการอ้างอิงตำแหน่งทางแนวตั้ง

สัญญาณการสแกนทางแนวตั้งจะเป็นตัวกำหนดการสแกนทางแกนตั้ง ถ้ามีการสแกนทางแนวนอนครบ 523 แถว จะเกิดสัญญาณการสแกนทางแนวตั้ง 1 ลูก คือช่วง Q+R+S นั้นเอง

ตารางที่ 2.2 แสดงเวลาในช่วงต่าง ๆ ของสัญญาณการสแกนทางแนวตั้งและค่าการแปลงเวลาเป็นข้อมูลที่ใช้ในการเขียนโปรแกรม

Parameter	A	B	C	D	E
Time	16.6 μs	64 μs	1.02 μs	15.24 μs	0.35 μs
Data	522.505 μs	2.014 μs	32.105 μs	479.697 μs	11.016 μs

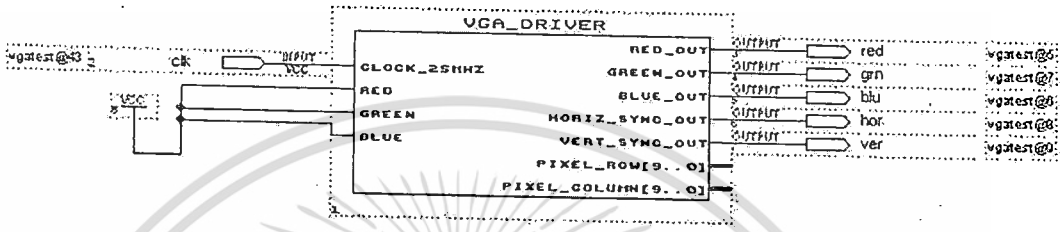
84524
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

ผลการทดลอง

3.1 การสร้างสัญญาณซิงก์โครไนซ์และสัญญาณสี

1. ทำการทดลองโดยการจำลองการทำงานของวงจรขับการแสดงผลโดย Symbol ที่ได้จากการแปลงภาษา VHDL โดยใช้โปรแกรม Maxplus II

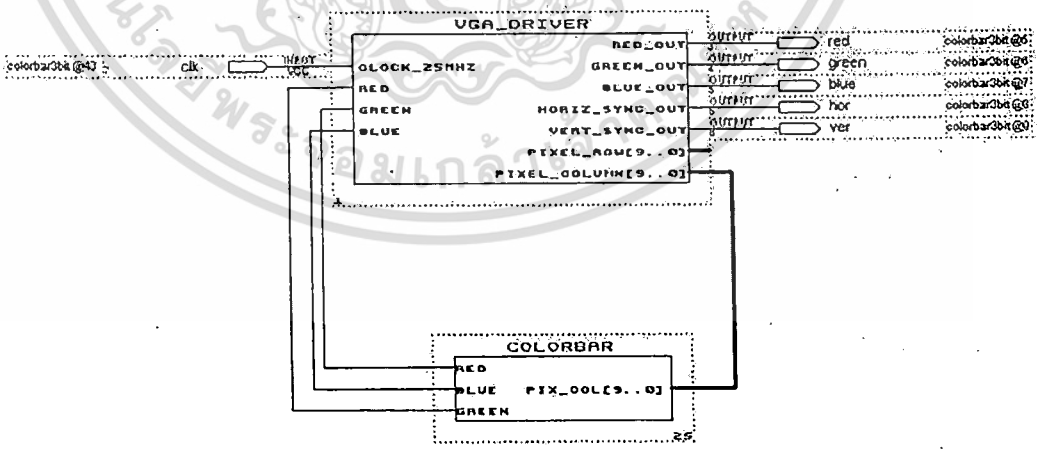


รูปที่ 3.1 แสดง Symbol ส่วนของภาคขับสัญญาณที่ถูกเรียกใช้ใน Graphic Editor

2. แล้วนำไปจำลองการทำงานโดยเรียกใช้งาน waveform editor (.scf) เก็บผลการจำลองของสัญญาณซิงก์และสัญญาณสี

3.2 การสร้างสัญญาณแถบสี (Color bar)

1. สร้าง color bars โดยใช้การนับ Pixel โดยใช้ pixel_column ในการอ้างอิงตำแหน่งสีในแนวนอน



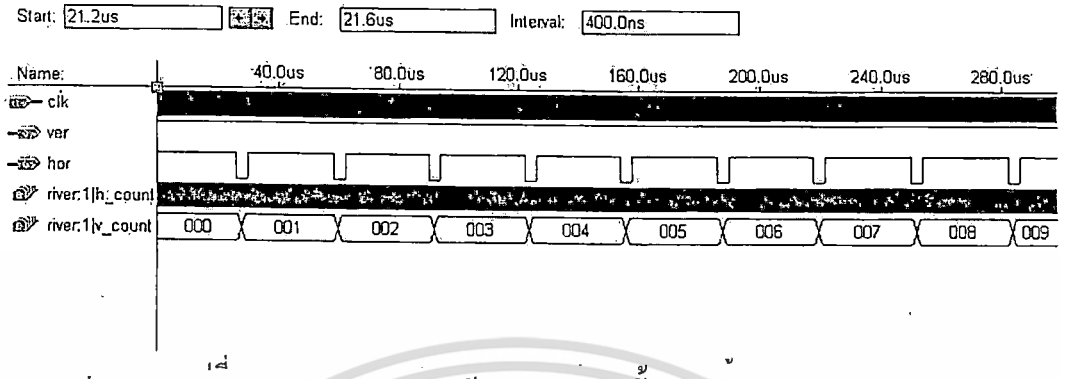
รูปที่ 3.2 แสดง Graphic Editor เพื่อกำเนิด color bars บนจอแสดงผล

2. แล้วนำไปจำลองการทำงานโดยเรียกใช้งาน waveform editor (.scf) เก็บผลการจำลองของสัญญาณซิงก์และสัญญาณสี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

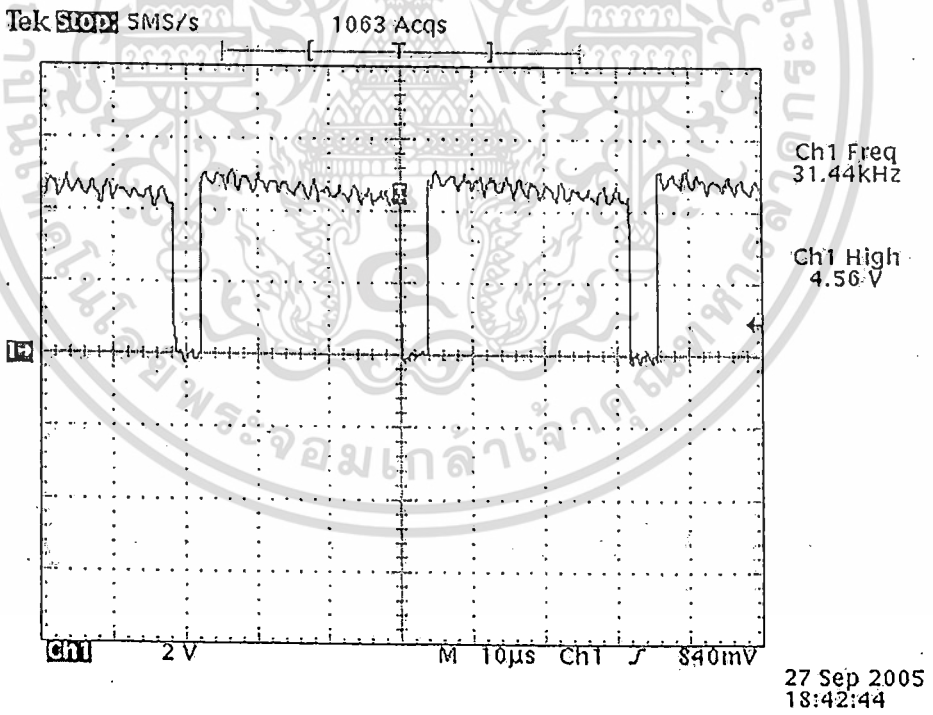
3.3 ผลการทดลอง

การสร้างสัญญาณซิงค์โครไนซ์และสัญญาณสี



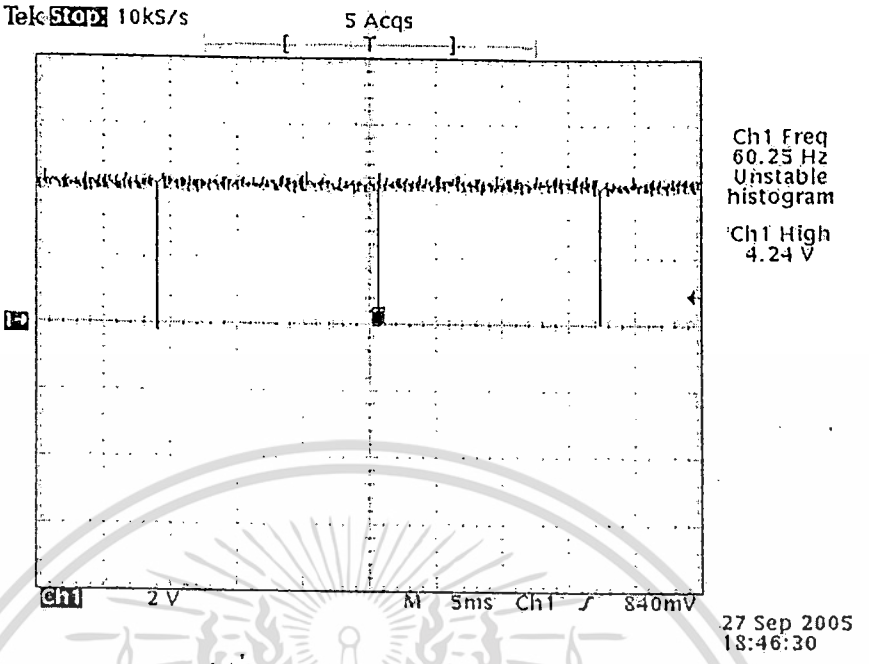
รูปที่ 3.3 แสดงผลการจำลองสัญญาณอ้างอิงทางแนวตั้งและแนวนอน

จากรูปแสดงผลการจำลองสัญญาณอ้างอิงทางแนวนอน โดยใช้ active low ที่ช่วงข้อมูล 659-755 และให้เป็น active High ในช่วง 0-659 และช่วง 755-799 ของ h_counter จะได้ความถี่ออกมาประมาณ 32 us ส่วนต่อไปคือ vertical synchronization โดยใช้ active low ที่ช่วงข้อมูล 493-494 และให้เป็น active High ในช่วง 0-493 และช่วง 494-524 ของ v_counter

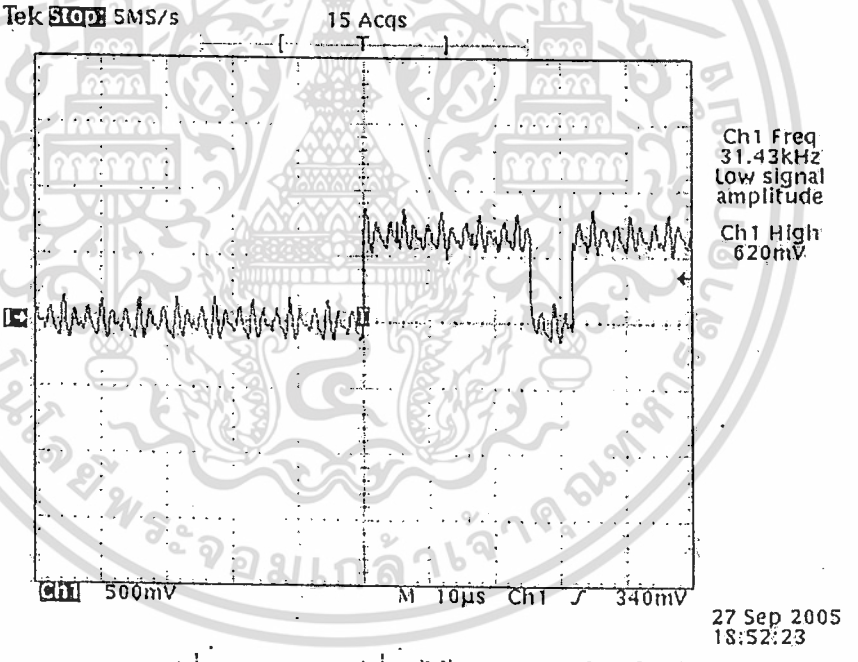


รูปที่ 3.4 สัญญาณ Horizontal synchronization

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

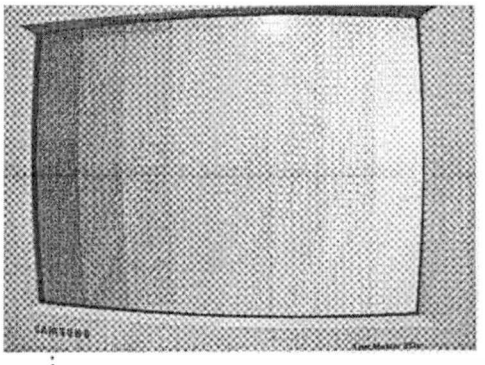


รูปที่ 3.5 สัญญาณ vertical synchronization

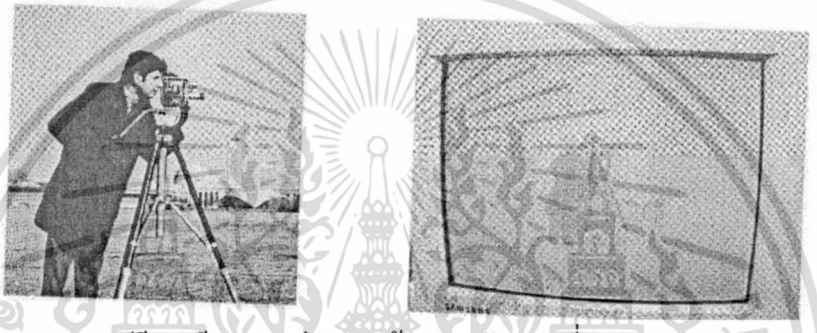


รูปที่ 3.6 สัญญาณสีที่วัดได้จากออสซิลโลสโคป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.7 แสดงระดับแถบสีแบบเกรย์สเกล



รูปที่ 3.8 แสดงการเปรียบเทียบระหว่างภาพต้นแบบกับภาพที่นำมาแสดงผลทางหน้าจอวีจีเอ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4
สรุปและข้อเสนอแนะ

โครงการวิจัยนี้นำเสนอการควบคุมการแสดงผลบนจอภาพ VGA โดยใช้ FPGA ซึ่งได้ทำการควบคุมจอภาพและอธิบายวิธีการสร้างภาพแบบพื้นฐานและตัวอักขระต่าง ๆ การกำหนดสีที่แสดงผลได้ระบบ 3 bits การกำหนดเฟรมการแสดงผลภาพเพื่อทำภาพเคลื่อนไหวในลักษณะเพรมต่อเฟรมได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

1. HWb, "VGA (15)," :http:// VGA_(15)_-_HwB.htm
2. อุปกรณ์คอมพิวเตอร์ Hardware, "ROM" : http:// bcoms.net
3. Electoday, Electronics and Microcontroller, "Image Processing," : http://www.electoday.com

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้