สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

เครื่องจำลองสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจบนหน้าจอเกมบอย

ECG SIMULATOR ON GAMEBOY® ' S DISPLAY

T050383

โดย

นาย บุญเลิศ รุ่งกระทึก

นาย ปิติ ศรีชาติ

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาอิเล็กทรอนิกส์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2545

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน 50383
วัน,เดือน,ปี 13 พ.ค. 2547

b.....
i.....

เอกสารนี้สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เครื่องจำลองสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจบนหน้าจอเกมบอย

ECG SIMULATOR ON GAMEBOY®' S DISPLAY

โดย

นาย บุญเลิศ รุ่งกระทึก 43015214

นาย ปิติ ศรีชาติ 43515921

อาจารย์ที่ปรึกษา

ดร. กิติพล ชิตสกุล

ปริญญานิพนธ์สำหรับปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาอิเล็กทรอนิกส์

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2545

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เครื่องจำลองสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจบนหน้าจอเกมบอย

ECG SIMULATOR ON GAMEBOY® ' S DISPLAY

นาย บุญเลิศ รุ่งกระทึก รหัส 43015214

นาย ปิติ ศรีชาติ รหัส 43515921

โครงงานนี้ได้รับการตรวจสอบแล้ว พร้อมที่จะทำการสอบได้

.....

(ดร. กิติพล ชิตสกุล)

อาจารย์ที่ปรึกษา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เครื่องจำลองสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจบนหน้าจอเกมบอย

นาย บุญเลิศ รุ่งกระทึก 43015214
นาย ปิติ ศรีชาติ 43515921
ดร. กิติพล ชิตสกุล (อาจารย์ที่ปรึกษา)
ปีการศึกษา 2545

บทคัดย่อ

โครงงานนี้เป็นการประยุกต์เครื่องเล่นเกมบอย(GAMEBOY®) เพื่อสร้างเครื่องจำลองสัญญาณไฟฟ้าหัวใจ(Electrocardiogram :ECG) โดยใช้ประโยชน์จากที่เครื่องเล่นมีจอภาพกราฟฟิกขนาดเล็ก สามารถแสดงรูปคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่โปรแกรมไว้ในหน่วยความจำ โดยได้สร้างการ์ดวงจรขึ้นมาเพื่อช่วยในการอินเตอร์เฟสกับพอร์ตภายนอกของเครื่องเล่นเกมบอย ซึ่งใช้สำหรับต่อกับรอม(ROM) เพื่อเก็บคำสั่งควบคุมการทำงานของระบบรูปคลื่นและเมนู ในโครงงานนี้ได้โปรแกรมรูปคลื่นไฟฟ้าหัวใจไว้ รวม13 แบบในเนื้อที่ของหน่วยความจำที่จำกัด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ECG SIMULATOR ON GAMEBOY®'S DISPLAY

Mr.Bunlert Rungkratuk 43015214

Mr.Piti Srichat 43515921

Dr.Kitiphol Chitsakul (Advisor)

Academic Year 2002

Abstract

This project is concerned to modify the Gameboy® as an electrocardiogram waveform simulator. By taking an advantage of having a graphic display, the 13 different ECG waveforms have been programmed into the device being selectable to display on the monitor. To achieve this objective , an Interface Circuit has been impemented for staring instruction set, ECG pattern and manu.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

โครงงานนี้จะสำเร็จลงไม่ได้เลย ถ้าไม่ได้รับคำแนะนำและคำปรึกษาจากอาจารย์ที่ปรึกษา ดร.กิตติพล ชิตสกุล จึงขอขอบพระคุณท่านอาจารย์มา ณ.โอกาสนี้ด้วยรวมไปถึงท่านอาจารย์ทุกท่านที่สอนและให้ความรู้จนมีความสามารถในการทำโครงงานนี้จนสำเร็จลุล่วงไปด้วยดี ขอขอบคุณเพื่อน ๆ ที่คอยให้ความช่วยเหลือและแนะนำเกี่ยวกับข้อผิดพลาดต่างๆที่อาจมองข้ามไปไว้ ณ.ที่นี้ด้วย

.....

(นาย บุญเลิศ รุ่งกะทึก)

.....

(นาย ปิติ ศรีชาติ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

เรื่อง	หน้า
บทคัดย่อ	I
ABSTRACT	I I
กิตติกรรมประกาศ	III
สารบัญ	IV
สารบัญรูป	VI
สารบัญตาราง	VIII
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาของโครงงาน	1
1.2 ลักษณะของโครงงาน	1
1.3 โครงสร้างของโครงงาน	2
บทที่ 2 ทฤษฎีเกี่ยวกับการทำงานของหัวใจ	3
2.1 บทนำ	3
2.2 การศึกษาความหมายและรูปร่างของสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจ	3
2.3 ลักษณะของคลื่นไฟฟ้าหัวใจในแบบต่างๆ	5
บทที่ 3 โครงสร้างของเครื่องเล่นเกมบอย	10
3.1 บทนำ	10
3.2 รูปแบบและสเปคเครื่องเล่นเกมบอยโดยทั่วไป	10
3.3 ส่วนของการแสดงผล (Video)	12
3.4 ส่วนให้กำเนิดเสียง	13
3.5 อินพุท / เอาท์พุต พอร์ต	13
3.6 คำสั่งต่างๆของเครื่องเล่นเกมบอย	14
บทที่ 4 การ์ดอินเตอร์เฟสเกมบอย	20
4.1 บทนำ	20
4.2 วงจรการ์ดอินเตอร์เฟส	20
4.3 การทำงานของวงจร	21
4.4 การสร้างการ์ด	21

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5 การเขียนโปรแกรมแสดงเมนู 23
5.1 บทนำ 23
5.2 การทดลอง 23
5.3 ขั้นตอนการพัฒนาโปรแกรม 23
บทที่ 6 การทดลองและผลการทดลอง 28
6.1 การสร้างการ์ดอินเตอร์เฟส 28
6.2 ขั้นตอนการเขียนและ Run โปรแกรมในคอมพิวเตอร์ 29
6.3 การเชื่อมต่อของการ์ดอินเตอร์เฟสกับเครื่องเกมบอย 31
6.4 ขั้นตอนการ Run โปรแกรมบนเครื่องเกมบอย 32
6.5 แสดงผลการทดลองทั้ง 13 รูปสัญญาณ 33
บทที่ 7 บทสรุป 38
ภาคผนวก
เอกสารอ้างอิง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูปภาพ

หน้า

รูปที่ 1.1 แสดงโครงสร้างโดยรวมของโครงงาน 1

รูปที่ 2.1 รายละเอียดของสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจในสภาวะเป็นปกติ 3

รูปที่ 2.2 แสดง Normal Sinus Rhythm 5

รูปที่ 2.3 แสดง Sinus Bradycardia 5

รูปที่ 2.4 แสดง Sinus Tachycardia 5

รูปที่ 2.5 แสดง Atrial Flutter 6

รูปที่ 2.6 แสดง Atrial Fibrillation 6

รูปที่ 2.7 แสดง Ventricular Tachycardia 6

รูปที่ 2.8 แสดง Ventricular Fibrillation 7

รูปที่ 2.9 แสดง Ventricular Standstill 7

รูปที่ 2.10 แสดง Torsades de Pointes 7

รูปที่ 2.11 แสดง First-Dedree AV Block 8

รูปที่ 2.12 แสดง Second — Degree AV Block:Mobitz Type 1 8

รูปที่ 2.13 แสดง Second-Degree AV Block : Mobitz Type 2 8

รูปที่ 2.14 แสดง Third —Degree AV Block 9

รูปที่ 3.1 แสดงรูปร่างลักษณะภายนอกของเครื่องเล่นเกมบอย 11

รูปที่ 3.2 แสดงวงจรภายในของเครื่องเล่นเกมบอย 11

รูปที่ 3.3 แสดงวงจรการเชื่อมต่อส่วนแสดงผล จอ LCD 13

รูปที่ 3.4 แสดงลักษณะขาของ พอร์ตสื่อสารอนุกรมและ connector 14

รูปที่ 4.1 วงจรของการ์ดที่ใช้ควบคุมหน้าจอ GameBoy® 20

รูปที่ 5.1 บล็อกไดอะแกรมของโปรแกรมควบคุมจอ LCD ของ Gameboy® 24

รูปที่ 5.2 บล็อกไดอะแกรมของตัวโปรแกรมหลักที่ใช้ในการทดลอง 25

รูปที่ 5.3 บล็อกไดอะแกรมของการ Load Map to tiles และ to Bkg 26

รูปที่ 5.4 บล็อกไดอะแกรมของการเลือกเมนู 27

รูปที่ 6.1 แสดงลายวงจรพิมพ์ของการ์ดอินเตอร์เฟส 28

รูปที่ 6.2 แผ่นการ์ดอินเตอร์เฟสที่เสร็จเรียบร้อยแล้ว 29

รูปที่ 6.3 แสดงเมนูเลือกของรูปแบบสัญญาณไฟฟ้าหัวใจ 29

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูปภาพ(ต่อ)

	หน้า
รูปที่ 6.4 แสดงสัญญาณแบบ Normal Sinus Rhythm	30
รูปที่ 6.5 แสดงผลตัวอย่างของสัญญาณแบบอื่นที่ถูกเลือก(Sinus Bradycardia)	30
รูปที่ 6.6 แสดงผลตัวอย่างของสัญญาณแบบอื่นที่ถูกเลือก(Torsades de Pointes)	30
รูปที่ 6.7 ขั้นตอนการเสียบการ์ดในตำแหน่งเดียวกับช่องตลับเกมบอย	31
รูปที่ 6.8 ส่วนด้านหลังของเครื่องเกมบอยที่ต่อกับการ์ดอินเตอร์เฟสแล้ว	32
รูปที่ 6.9 แสดงการเริ่มต้นทำงานของโครงงาน	32
รูปที่ 6.10 แสดงรูปสัญญาณแบบ Normal Sinus Rhythm	33
รูปที่ 6.11 แสดงรูปสัญญาณแบบ Sinus Bradycardia	33
รูปที่ 6.12 แสดงรูปสัญญาณแบบ Sinus Tachycardia	34
รูปที่ 6.13 แสดงรูปสัญญาณแบบ Atrial Flutter	34
รูปที่ 6.14 แสดงรูปสัญญาณแบบ Atrial Fibrillation	34
รูปที่ 6.15 แสดงรูปสัญญาณแบบ Ventricular Tachycardia	35
รูปที่ 6.16 แสดงรูปสัญญาณแบบ Ventricular Fibrillation	35
รูปที่ 6.17 แสดงรูปสัญญาณแบบ Ventricular Standstill (Asystole)	35
รูปที่ 6.18 แสดงรูปสัญญาณแบบ Torsades de Pointes	36
รูปที่ 6.19 แสดงรูปสัญญาณแบบ First-Degree AV Block	36
รูปที่ 6.20 แสดงรูปสัญญาณแบบ Second- Degree AV Block :Mobitz Type 1	36
รูปที่ 6.21 แสดงรูปสัญญาณแบบ Second- Degree AV Block :Mobitz Type 2	37
รูปที่ 6.22 แสดงรูปสัญญาณแบบ Third- Degree AV Block	37

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่ 2.1 แสดงช่วงเวลาต่างๆของคลื่นไฟฟ้าหัวใจ	4
ตารางที่ 3.1 แสดงค่าสเปคต่างๆของเครื่องเล่นเกมบอย	13
ตารางที่ 3.2 แสดงการเปรียบเทียบคำสั่ง CPU ระหว่าง Gameboy® กับ Z80	14
ตารางที่ 3.3 แสดง การแบ่งพื้นที่หน่วยความจำของ Gameboy®	16
ตารางที่ 3.4 แสดง Cartridge Header ของ Gameboy®	17

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาของโครงงาน

เนื่องจากเทคโนโลยีในปัจจุบันสามารถที่จะนำมาประยุกต์ดัดแปลงได้อยู่เสมอเพราะเทคโนโลยีมันจะพัฒนาตัวของมันเองอยู่ตลอดไม่มีวันหยุดนิ่ง ซึ่งในจุดนี้เองรวมทั้งความต้องการที่จะประยุกต์เกมบอยมาเป็นเครื่องจำลองสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจบนหน้าจอเกมบอย เพื่อให้เกมบอยมีประโยชน์มากกว่าการเล่นเกมได้เพียงอย่างเดียว โดยได้พัฒนาโครงงานนี้มาเรื่อยๆจากของเทอมที่ผ่านมาและในส่วนของเทอมนี้ก็ได้ทำการพัฒนาจนเสร็จสมบูรณ์ โดยได้มีการเขียนโปรแกรมคำสั่งควบคุมผ่านทางพอร์ตขนานของเกมบอย เพื่อกำหนดรูปแบบลักษณะต่างๆของสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจ แล้วนำไปเก็บไว้ที่หน่วยความจำ และใช้หน่วยประมวลผลอ่านออกมาโดยมีในรูปแบบลักษณะต่างๆ ตามที่ต้องการเพื่อนำไปใช้ประโยชน์ในด้านต่างๆ เช่น ด้านการเรียนการศึกษาต่อไป

1.2 ลักษณะของโครงงาน

จากความคิดดังกล่าวข้างต้น จึงได้ทำการศึกษาข้อมูลเกี่ยวกับเครื่องเล่นเกมบอยทั้งทางด้าน Hardware และ Software เพิ่มเติมขึ้นจากโครงงานของเทอมที่แล้ว โดยในโครงงานของเทอมนี้จะยังคงใช้การ์ดอินเตอร์เฟสและชิป EEPROM ภายนอก ซึ่งเป็นตัวควบคุมการทำงานของหน้าจอ LCD เหมือนเดิม และในส่วนที่เพิ่มเข้ามาคือ โปรแกรมกำหนดรูปแบบลักษณะต่างๆของสัญญาณโดยที่คำสั่งของไมโครโปรเซสเซอร์ในเครื่องเกมบอยส่วนหนึ่งจะคล้ายกันกับไมโครโปรเซสเซอร์ตระกูล Z80

รูปที่ 1.1 แสดงโครงสร้างโดยรวมของโครงงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.3 โครงสร้างของปริญญานิพนธ์

ปริญญานิพนธ์เล่มนี้เป็นการรายงานผลการศึกษาและการทดลองตลอดสามภาคการศึกษา เพื่อศึกษาและพัฒนาการนำเครื่องเล่นเกมบอยมาประยุกต์เป็นเครื่องจำลองสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจ ซึ่งเนื้อหาประกอบด้วยส่วนต่าง ๆ แยกออกเป็นบทๆไปดังนี้

บทที่ 1 บทนำกล่าวถึงความเป็นมาและแนวความคิดในการสร้างโครงงาน

บทที่ 2 ทฤษฎีคลื่นไฟฟ้าหัวใจและ กล่าวถึงสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจในลักษณะต่างๆ

บทที่ 3 โครงสร้างของเกมบอย ทั้งในด้าน Hardware และ Software

บทที่ 4 การ์ดอินเตอร์เฟส

บทที่ 5 การเขียนโปรแกรมแสดงเมนู

บทที่ 6 เป็นการทดลองและผลการทดลอง

บทที่ 7 บทสรุป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

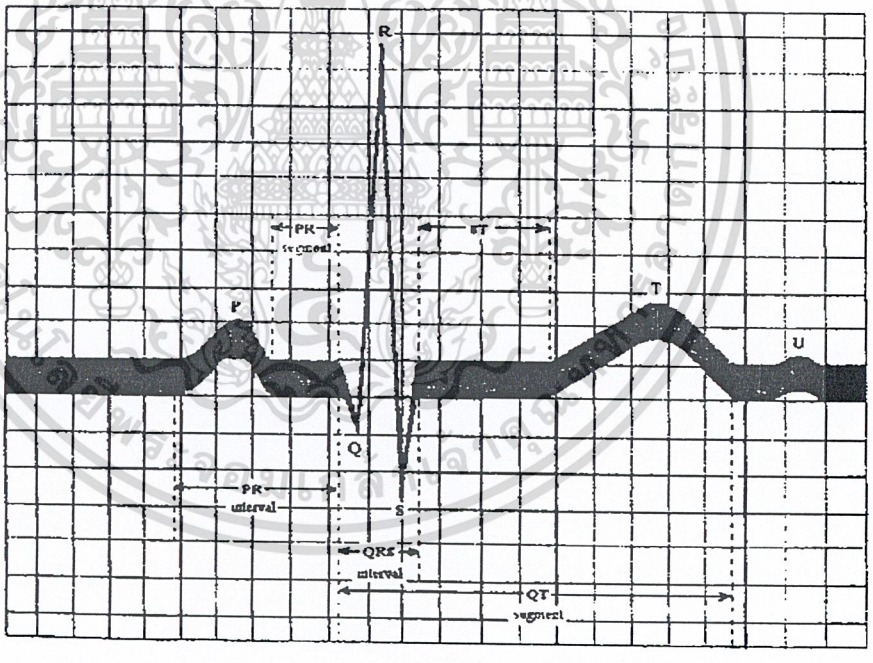
บทที่ 2
ทฤษฎีเกี่ยวกับคลื่นไฟฟ้าหัวใจ

2.1 บทนำ

เนื่องจากการประยุกต์ในอนาคตของโครงงานนี้เพื่อนำไปแสดงผลคลื่นไฟฟ้าหัวใจ จึงได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับลักษณะและธรรมชาติของคลื่นไฟฟ้าหัวใจ ตลอดจนการวัด เพื่อจะนำไปใช้ต่อไป

2.2 ความหมายและรูปร่างของคลื่นไฟฟ้าหัวใจ

ลักษณะของคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ปกติจะเป็นในลักษณะดังแสดงในรูปที่ 2.1 ภาพ คลื่นไฟฟ้าหัวใจที่บันทึกได้จะเริ่มตั้งแต่ก่อนการบีบตัวของหัวใจจนกระทั่งมีการคลายตัวในแต่ละครั้งดังนั้นจึงเกิดสัญญาณขึ้นเป็นจังหวะ โดยมีความถี่เท่ากับอัตราการเต้นของหัวใจ



รูปที่ 2.1 รายละเอียดของสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจในสภาวะเป็นปกติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คลื่นไฟฟ้าหัวใจในแต่ละจังหวะประกอบด้วยคลื่นไฟฟ้าย่อย 3 คลื่น คือ

1. ช่วงคลื่น P เป็นผลรวมทางไฟฟ้าขบวนการดีโพลาร์ไรซ์ ที่เกิดขึ้นที่หัวใจห้องบนทั้งซ้ายและขวา ซึ่งเกิดก่อนที่หัวใจทั้งสองห้องจะมีการบีบตัว

2. ช่วงคลื่น QRS เป็นผลรวมทางไฟฟ้าจากขบวนการ ดีโพลาร์ไรซ์ ของหัวใจห้องล่างทั้งซ้ายและขวาซึ่งเกิดขึ้นก่อนที่หัวใจทั้งสองจะมีการบีบตัว โดยที่ขนาดของคลื่นสัญญาณ R สำหรับการทำงาน ปกติของหัวใจมีค่าประมาณ 1 มิลลิโวลต์

3. ช่วงคลื่น T เป็นผลรวมทางไฟฟ้าจากขบวนการ รีโพลาร์ไรซ์ ของหัวใจห้องล่างทั้งซ้ายและขวา โดยจะเกิดขึ้นก่อนที่หัวใจทั้งสองห้องจะมีการคลายตัว โดยขนาดของสัญญาณ T มีค่าประมาณ1/3ของขนาดสัญญาณ R

สำหรับขบวนการรีโพลาร์ไรซ์ของหัวใจห้องบน อาจจะเกิดขึ้นในช่วงระหว่างที่หัวใจห้องล่างมีการบีบตัว แต่ค่าขนาดจะไม่ปรากฏเนื่องจากค่าของสัญญาณช่วงคลื่น QRS มีค่ามากกว่า

ตารางที่ 2.1 แสดงช่วงเวลาต่างๆของคลื่นไฟฟ้าหัวใจ

ช่วงเวลาต่างๆของคลื่นไฟฟ้าหัวใจ	ช่วงเวลาปกติ(วินาที)	
	ค่าเฉลี่ย	ช่วงเวลา
ช่วงเวลาของ **PR**	0.18	0.12-0.20
ช่วงเวลาของ **QR**	0.08	ถึง 0.10
ช่วงเวลาของ **QT**	0.40	ถึง 0.43
ช่วงเวลาของ **ST**	0.32	.....

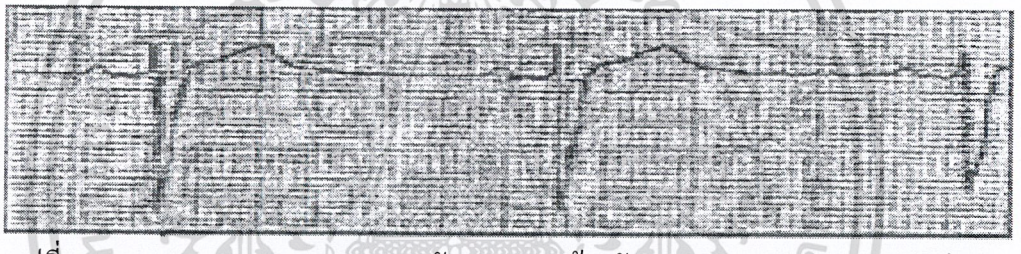
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3 ลักษณะของคลื่นไฟฟ้าหัวใจในแบบต่างๆ

1. **Normal Sinus Rhythm**

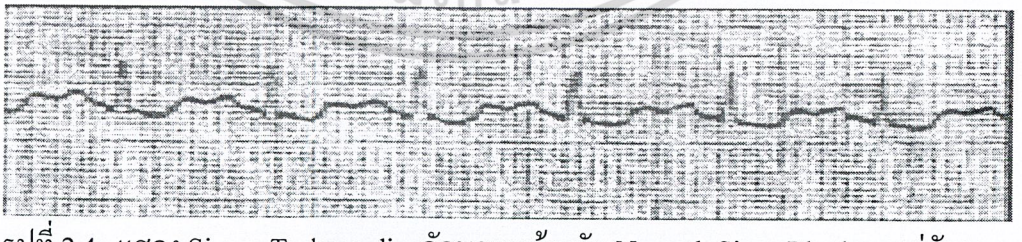
รูปที่ 2.2 แสดง Normal Sinus Rhythm : จะพบ P Wave นำหน้า QST Complex ทุกตัว มี PR interval คงที่ในสภาวะจะเห็นว่ามี Ventricular rate 75 ครั้งต่อนาที

2. **Sinus Bradycardia**



รูปที่ 2.3 แสดง Sinus Bradycardia:ลักษณะจะคล้ายกับ normal sinul rtythm แต่อัตราการเต้นของหัวใจจะช้ากว่า 60 ครั้งต่อนาที ในภาพจะเห็นว่ามี Ventricular rate 43 ครั้งต่อนาที

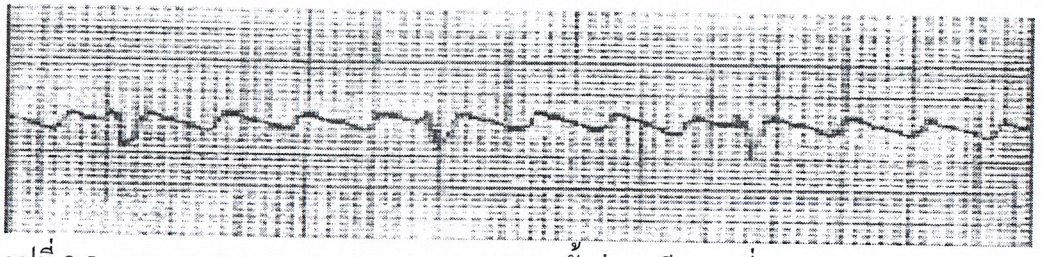
3. **Sinus Tachycardia**



รูปที่ 2.4 แสดง Sinus Tachycardia :ลักษณะคล้ายกับ Normal Sinus Rhythm แต่อัตราการเต้นของหัวใจ เร็วกว่า 100 ครั้งต่อนาที ในภาพจะเห็น Ventricular rate 110ครั้งต่อนาที

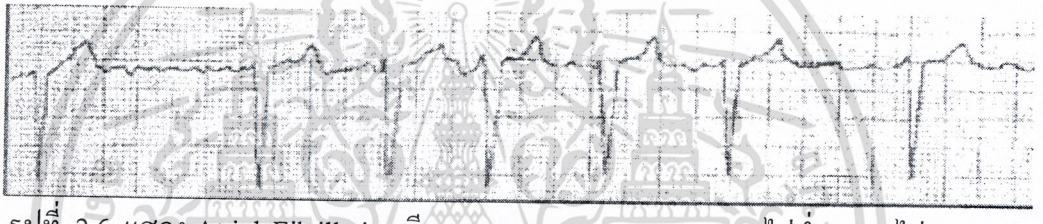
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. Atrial Flutter



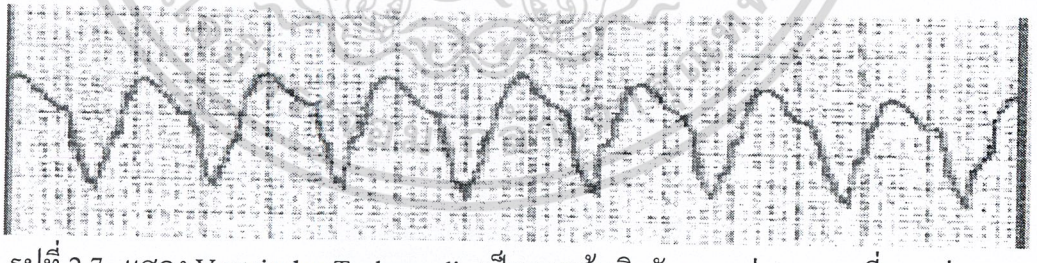
รูปที่ 2.5 แสดง Atrial Flutter : atrial rate 300 ครั้งต่อนาที ขณะที่ Ventricular rate 75 ครั้งต่อนาที ลักษณะของ P wave ใน atria wave มีลักษณะคล้ายฟันเลื่อย

5. Atrial Fibrillation



รูปที่ 2.6 แสดง Atrial Fibrillation:มีการตอบสนองของ ventricle ไม่สม่ำเสมอ ไม่สามรถเห็น P wave ได้ชัดเจน แต่เป็น fibrillation wave แทน

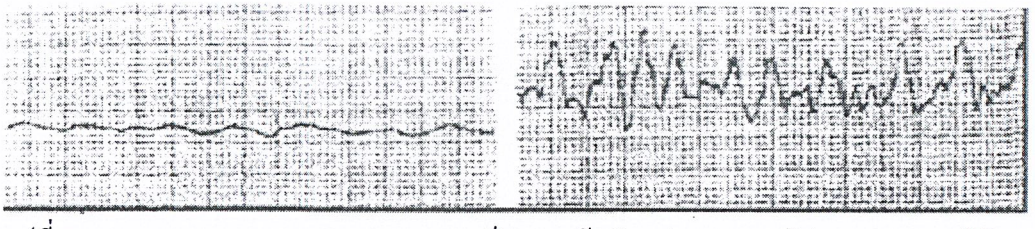
6. **Ventricular Tachycardia**



รูปที่ 2.7 แสดง Ventricular Tachycardia:เป็นการเต้นผิดจังหวะอย่างรุนแรงที่พบกว่า QRS Complexกว้างกว่าปกติและไม่พบ P Wave

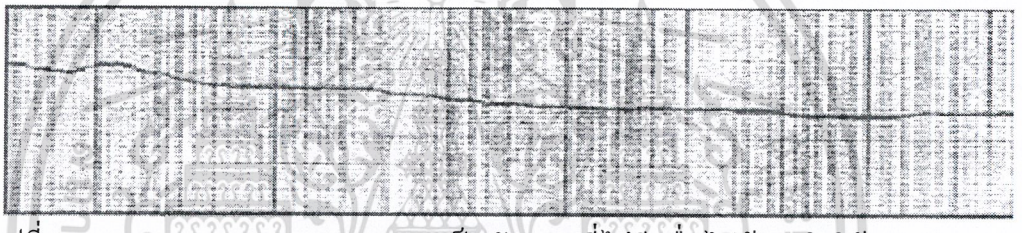
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

7. **Ventricular Fibrillation**



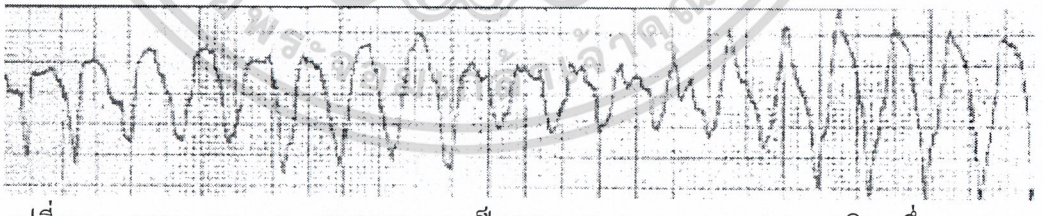
รูปที่ 2.8 แสดง Ventricular Fibrillation: เป็นการเต้นผิดอย่างรุนแรง ไม่สามารถบอกได้ว่าอันไหน เป็นQRS Complex ได้ชัดเจนอาจเป็น fibrillation wave คล้ายกับ atria fibrillation แต่ไม่มี QRS

8. **Ventricular Standstill (Asystole)**



รูปที่ 2.9 แสดง Ventricular Standstill: เป็นลักษณะที่ไม่มีคลื่นไฟฟ้าหัวใจให้ตรวจพบได้ ในภาพ จะพบว่าหลังจาก P-QRS ปกติเกิดขึ้น 2 ชุดแล้ว คลื่นไฟฟ้าหัวใจกลายเป็นเส้นตรง

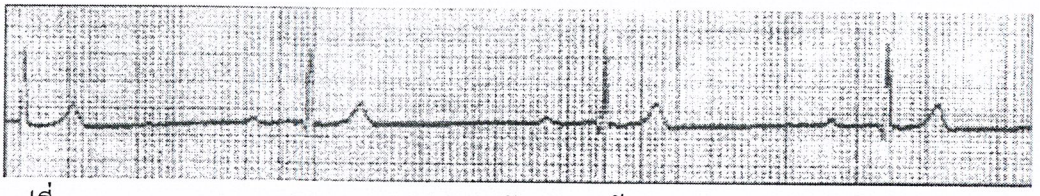
9 **Torsades de Pointes**



รูปที่ 2.10 แสดง Torsades de Pointes : เป็น Ventricular Tachycardia ชนิดหนึ่ง ขนาดและรูปร่างของ QRS Complex จะค่อยๆเปลี่ยนแปลงไปคล้ายมีการบิดรอบแกนในแนวนอน ความผิดปกติชนิดนี้คือมักจะดื้อต่อการรักษาด้วยยาที่ใช้ตามปกติ การรักษาที่ได้ผลคือ การให้ Magnesium sulfate

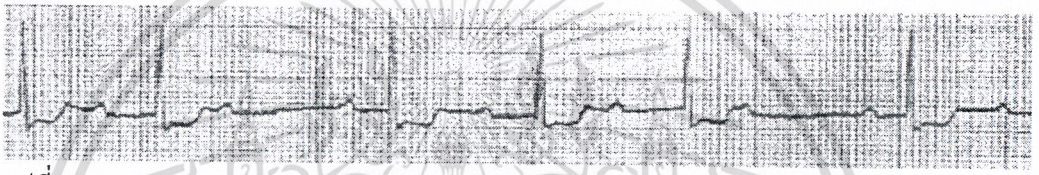
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

10. First-Dedree AV Block



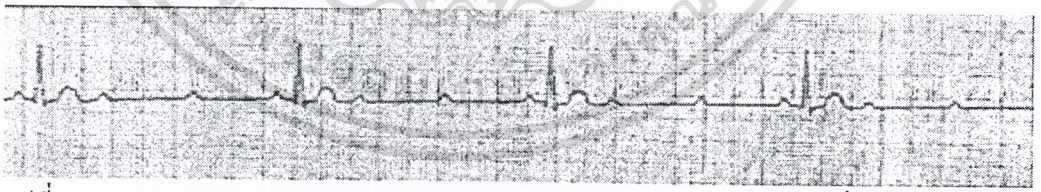
รูปที่ 2.11 แสดง First-Dedree AV Block: ลักษณะคล้าย Normal Sinus Rhythm แต่ PR interval ยาวกว่า 0.20 วินาที หรือยาวกว่า 5 ช่องเล็กในกระดาษแสดงคลื่นไฟฟ้าหัวใจ

11. Second – Degree AV Block:Mobitz Type 1



รูปที่ 2.12 แสดง Second – Degree AV Block:Mobitz Type 1 จะมีลักษณะเฉพาะคือ atrial rate คงที่ แต่ ventricular rate จะเปลี่ยนแปลงไป โดย PR interval จะค่อยๆยาวขึ้นเรื่อยๆ จนไม่มีการตอบสนองของventricle ดังนั้นในแต่ละชุดจะพบว่าจำนวนครั้งที่ ventricle เต้นจะน้อยกว่าจำนวนครั้งที่ atrium เต้นอยู่ครั้งหนึ่งเสมอ เช่น 5:4 หรือ 3:2 เป็นต้น

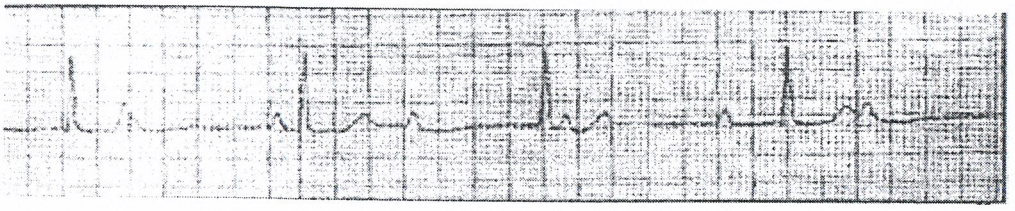
12. Second-Degree AV Block : Mobitz Type 2



รูปที่ 2.13 แสดง Second-Degree AV Block : Mobitz Type 2 มีลักษณะที่แตกต่างจาก Mobitz Type 1คือ PR interval จะคงที่ อัตราส่วนการเต้นของ atrium และของ ventricle มักจะคงที่ เช่น เป็น 3:1 หรือ2:1 เป็นต้น ความสำคัญของ Mobitz Type 2 ก็คือเป็นความผิดปกติที่มีความรุนแรงกว่า Type 1 ต้องให้การรักษาที่แตกต่างไปจาก Type 1 คือต้องใช้ pace make ในขณะที่ Type 1 ไม่ต้องใช้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

13. Third –Degree AV Block



รูปที่ 2.14 แสดง Third –Degree AV Block:มีลักษณะเฉพาะคือทั้ง atriumc และ ventricle จะมีอัตราการเต้นคงที่ของตัวมันเองโดยไม่เต้นไปด้วยกัน PR interval จึงไม่คงที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่3
โครงสร้างของเครื่องเล่นเกมบอย

3.1 บทนำ

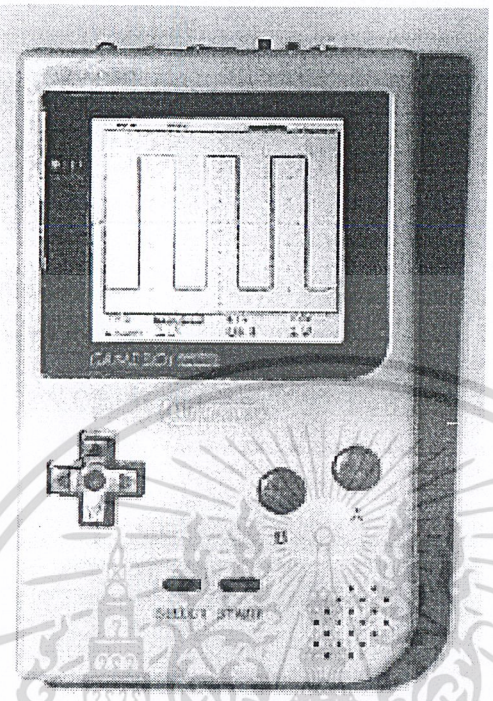
การประยุกต์ใช้งานเกมบอยได้อย่างหลากหลายและเกิดประโยชน์มากที่สุด จำเป็นต้องเข้าใจแนวคิดและโครงสร้างของเครื่องเกมบอยก่อน ซึ่งจะกล่าวไว้ในบทนี้

3.2 รูปแบบและสเปคเครื่องเล่นเกมบอยโดยทั่วไป

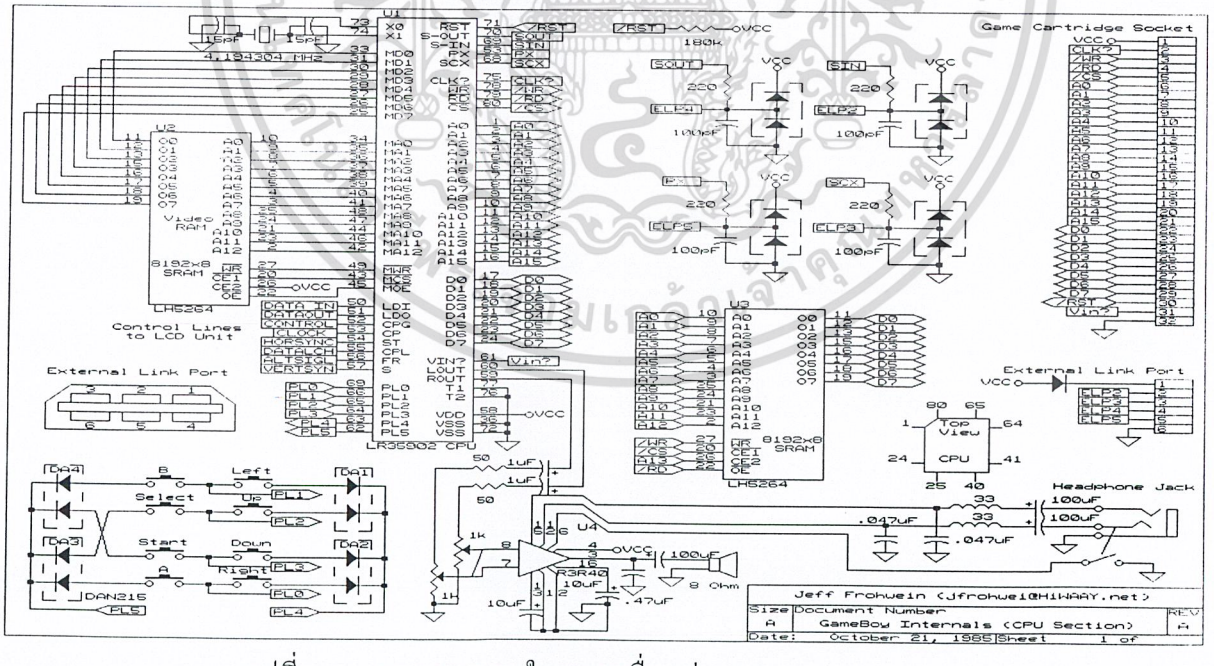
เกมบอยเป็นเครื่องเล่นเกมอิเล็กทรอนิกส์ที่ผลิตออกมาหลายรุ่นตั้งแต่ เกมบอยคลาสสิค เกมบอยพอกเก็ต เกมบอยคัลเลอร์ ซุปเปอร์เกมบอย ไม่ว่าจะเป็นรุ่นใดจะพบว่าจะมีอุปกรณ์หลักๆที่จะสังเกตได้ คือ หน้าจอกราฟิก LCD ซึ่งมีเป็นชนิด TFT ความละเอียด 160x 188 พิกเซล ซึ่งถ้าเป็นของเกมบอยคัลเลอร์ก็จะสามารถแสดงสีสันได้อีกด้วย ต่อมาก็คือคีย์แพด ที่ใช้ควบคุมการเล่นเกม และ ลำโพง เป็นต้น ซึ่งภายในตัวเกมบอยรุ่นต่างๆจะมีหัวใจที่สำคัญก็คือไมโครโพรเซสเซอร์ ที่ใช้ควบคุมและประมวลผลข้อมูลซึ่งสำหรับเกมบอยนี้จะใช้ไมโครโพรเซสเซอร์ที่มีโครงสร้างและคำสั่งคล้ายกับ Z80 โดยจะมีบางคำสั่งที่ถูกตัดออกไปบ้างและมีคำสั่งพิเศษบางคำสั่งเพิ่มเข้ามา ซึ่งก็จะมีความเร็วในการทำงานตามรุ่นของเครื่อง ดังนั้นเมื่อพิจารณาคุณสมบัติของเครื่องเล่นเกมบอยทั้งหมดรวมกันก็จะพบตัวเกมบอยนี้ก็เหมือนกับเป็นคอมพิวเตอร์มือถือเล็ก ๆ เครื่องหนึ่ง ซึ่งมีวงจรส่วนแสดงผลและส่วนอินพุทภายในตัวอยู่ในรูปร่างที่สวยงาม ซึ่งสามารถนำมาพัฒนาโปรแกรมเกมหรือแม้กระทั่งพัฒนาทางด้านฮาร์ดแวร์สำหรับ เกมบอยต่อไป

โดยทั่วไปเครื่องเล่นเกมบอยมีหลายรูปแบบ แต่ในที่นี้จะขอกล่าวถึงแบบดังรูปที่ 3.1 ซึ่งจะเป็นเครื่องเล่นเกมบอยชนิดสี(Gameboy color)และเป็นแบบเดียวที่ใช้ในโครงงานด้วยเช่นกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.1 แสดงรูปร่างลักษณะภายนอกของเครื่องเล่นเกมบอย



รูปที่ 3.2 แสดงวงจรภายในของเครื่องเล่นเกมบอย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.1 สเปคต่าง ๆ ของเครื่องเล่นเกมบอย

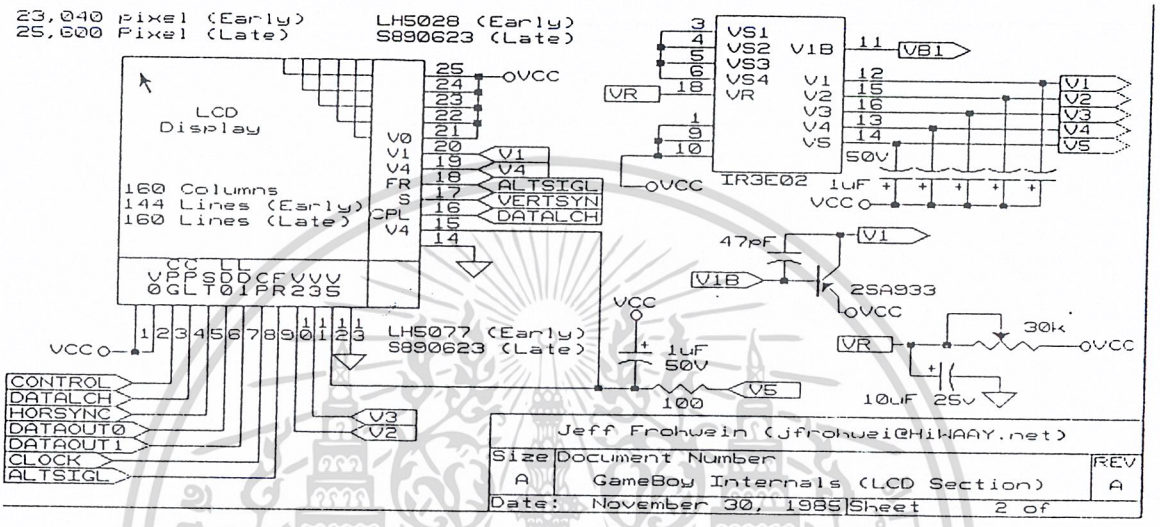
ซีพียู	8-bit z80 like CPU runing at4.194MHz(8.388MHz GBC 2x mode)
บัสข้อมูล	8- bit data-BUS , 16-BUS address bus
หน่วยความจำแรม	8 kB/32 kB internal 8kB address space for external RAM
หน่วยความจำวีดีโอแรม	8Kb/16 internal (CGB,GBP/GBC)
หน่วยความจำรอม	32Kb address space for external ROM
ระบบเสียง	4 channels . Each of which can be mapped either to left or right or to bort speakers
จอแสดงผล	Display: Reflective LCD160x144 dots (physically),Colors: 4 shades of gray (GBC: max 56 of 32,768) ,Sprites: 40 sprites (8x8,8x16)
พอร์ตสื่อสาร	One serial port with 8kbps
การกินพลังงาน	CGB: 6 V, 0.7 W/ GBP : 3 V , 0.9 W/ GBC: 3 V, 0.3 W

3.3 ส่วนแสดงผล

ในส่วนของการแสดงผลของเกมบอยจะมีความละเอียดอยู่ที่ 256x256 pixels หรือ 32x32 tiles (8x8 ในแต่ละpixels). แต่จะแสดงผลจริงแค่ 160x144 pixels เท่านั้น ส่วนRegisters SCROLLX และ SCROLLY จะเป็นส่วนในการแสดงผลบนพื้นที่ของแบล็คกราวด์ร่วมกัน โดยจะเริ่มตั้งแต่มุมซ้ายบนสุดของหน้าจอ ซึ่ง Background จะครอบคลุมพื้นที่ทั้งหมดในส่วนที่แสดงผล โดยพื้นที่ของ VRAM ซึ่งก็คือ แบล็คกราวด์ นั้น จะถูกบรรจุค่าของ Tile Table ซึ่งจะใช้ในการแสดงผลและมีอยู่ด้วยกัน 32 แถว โดยแต่ละแถวจะมี 32 ไบต์ และแต่ละไบต์ก็จะบรรจุค่าของ Tile patterns ของ Tile โดยจะถูกนำมาจาก Tile Pattern Table ซึ่งอยู่ที่ ตำแหน่ง 8000 -8FFF หรือ 8800-97FF ในกรณีแรก patterns จะเป็นเลขที่ไม่มีเครื่องหมายจาก 0 - 255 ส่วน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในกรณีที่สองจะเป็นเลขแบบมีเครื่องหมายจาก -128 to127 ตำแหน่ง ของ Tile Pattern Table สำหรับแบล็คกราวด์นั้นสามารถจะเลือกได้โดยผ่านทาง LCD CONT register.



รูปที่ 3.3 แสดงวงจรการเชื่อมต่อส่วนแสดงผล จอ LCD

3.4 ระบบเสียง

เครื่องเกมบอยมีระบบเสียงสองช่องซึ่งจะต่อกับ output terminals คือ SO1 และ SO2 โดยจะมี input terminal ต่อกับตลับเกมอีกที เพื่อให้ตลับเกมเป็นตัวกำหนดเสียงที่จะออกที่ลำโพงว่าจะเป็นเสียงอย่างไร

3.5 I/O Ports

I/O ports จะอยู่ใน memory addressตั้งแต่ FF00-FFFF มีรายละเอียดดังนี้

FF00 -- JOYPAD [RW] Joypad port

Bit5 Bit4 , ถ้ามีการรับข้อมูลจะส่ง output 0 ไปที่ Bit4

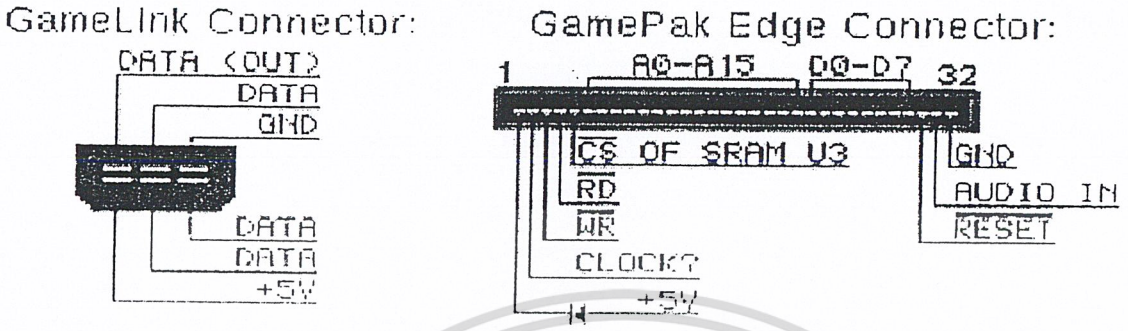
Bit3 DOWN START ,Bit5 ของ JOYPAD, รอเพื่ออ่านคำสั่งจากคำสั่งจาก JOYPAD.

Bit2 UP SELECT ,Bits 0-3 จะ set เป็น 0 ถ้ามีการกดปุ่ม

Bit1 LEFT B ,เมื่อมีการกดปุ่ม Bits 6 and 7 ไม่มีการใช้งาน

Bit0 RIGHT A , 0-3 จะติดต่อกับ input lines P10-P13 และBits 4 and 5ติดต่อกับ ouput lines P14 and P15

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.4 แสดงลักษณะขาของ พอร์ตสื่อสารอนุกรมและ connector

3.6 คำสั่งต่างๆของเครื่องเล่นเกมบอย

CPU ที่ใช้งานในเครื่องเล่นเกมบอยจะเป็น CPU แบบ 8 บิต ที่คล้ายกับ CPUของ Z80 ทำงานที่ความถี่ 8.388 MHz โดย CPUของเครื่องเกมบอย จะมีคำสั่งในส่วนที่ใช้เขียนโปรแกรมที่แตกต่างจาก CPUของ Z80ทั่วไป ดังนี้

ตารางที่ 3.2 แสดงการเปรียบเทียบคำสั่งCPU ระหว่าง Gameboy กับ Z80

Code	Z80 operation	GameBoy	operation
08 xx xx	EX AF,AF'	LD (word),SP	Save SP at given address
10 xx	DJNZ offset	STOP	Meaning unknown
22	LD (word),HL	LD (HLI),A	Save A at (HL) and increment HL
2A	LD HL,(word)	LD A,(HLI)	Load A from (HL) and increment HL
32	LD (word),A	LD (HLD),A	Save A at (HL) and decrement HL
3A	LD A,(word)	LD A,(HLD)	Load A from (HL) and decrement HL
D3	OUTA (byte)		No operation

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

D9	EXX	RETI	Enable interrupts and return
DB	INA (byte)		No operation
DD	Prefix DD		No operation
E0 xx	RET PO	LD (byte),A	Save A at (FF00+byte)
E2	JP PO,word	LD (C),A	Save A at (FF00+C)
E3	EX HL,(SP)		No operation
E4	CALL PO,word		No operation
E8 xx	RET PE	ADD SP,offset	Add signed offset to SP
EA xx xx	JP PE,word	LD (word),A	Save A at given address
EB	EX DE,HL		No operation
EC	CALL PE,word		No operation
F0 xx	RET P	LD A,(byte)	Load A from (FF00+byte)
F2	JP P,word		No operation
F4	CALL P,word		No operation
F8 xx	RET M	LDHL SP,offset	Load HL with SP + signed offset
FA xx xx	JP M,word	LD A,(word)	Load A from given address

Gameboy มี memory ทั้งหมด 64k แต่ไม่จำเป็นต้องใช้ทั้งหมดขึ้นอยู่กับโปรแกรมการประยุกต์ แต่จะมีหน่วยความจำที่จำเป็นซึ่งไม่สามารถเปลี่ยนแปลงได้ เช่น ส่วนของVideo RAM เป็นต้นหน่วยความจำของเครื่องเล่นเกมบอย สามารถดูได้จากตารางข้างล่างนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.3 การแบ่งพื้นที่หน่วยความจำของเครื่องเกมบอย

MEMORY ADDRESS	CONTENTS
FFFF - FFFF	Interrupt Enable Flag (see below)
FF80 - FFFE	Zero Page (127 bytes)
FF00 - FF7F	Hardware Registers (see Hardware section)
FEA0 - FEFF	Unusable Memory
FE00 - FE9F	Object Attribute Memory (OAM)
E000 - FDFF	Echo RAM (Reserved - Not Usable)
D000 - DFFF	Internal RAM - Banks 1 - 7 (CGB is switchable as it has 32k Internal RAM)
C000 - CFFF	Internal RAM - Bank 0 (fixed)
A000 - BFFF	Switchable 8k Game Cartridge RAM
9C00 - 9FFF	Background Display Data 2, Tile Indices/Attributes (bank switched)
9800 - 9BFF	Background Display Data 1, Tile Indices/Attributes (bank switched)
8000 - 97FF	Bank 0 and 1 Character Data (bank switched)
4000 - 7FFF	User Program Area - Bank 1 to n (switchable)
0150 - 3FFF	User Program Area - Bank 0 (fixed)
0100 - 014F	Cartridge Header (see Cart. Header section)
0000 - 00FF	Interrupt vectors and RST # vectors

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

ตารางที่ 3.4 Gameboy Cartridge Header

MEMORY ADDRESS	CONTENTS
014F	Checksum LSB
014E	Checksum MSB
014D	Complement Checksum
014C	Mask ROM Version
014B	Old Licensee Code
014A	Destination Code
0149	Cartridge RAM Size
0148	Cartridge ROM Size
0147	Cartridge Type
0146	GB/SGB Function
0145	New Licensee Code LSB
0144	New Licensee Code MSB
0143	Colour Compatibility
0134	Game Title
0104	Nintendo Logo
0101	JP ????h
0100	NOP

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

50383

ข้อมูลตั้งแต่ตำแหน่งที่ 0100- 014F จะเป็นพื้นที่ในส่วนของ Cartridge Header ซึ่งจะเป็นส่วนที่ทำหน้าที่ในการบูทเครื่องและเป็นส่วนที่ห้ามแก้ไข ถ้าข้อมูลในส่วนนี้เปลี่ยนแปลงไปก็ไม่สามารถแสดงผลออกที่หน้าจอ LCD ได้ โดยในแต่ละ cartridgeจะบรรจุค่าต่างๆไว้ดังนี้

0100-0103 ลำดับของ bytes ที่กำหนดให้ CPU เริ่มต้นทำงาน โดยปกติจะกำหนดไว้ที่ตำแหน่ง0150

0105-0133 ตำแหน่งของ Nintendo character area (ห้ามเปลี่ยน)

CE ED 66 66 CC 0D 00 0B 03 73 00 83 00 0C 00 0D

00 08 11 1F 88 89 00 0E DC CC 6E E6 DD DD D9 99

BB BB 67 63 6E 0E EC CC DD DC 99 9F BB B9 33 3E

0134-0143 ไตเติลเกม

0144-0146 ไม่ใช้

0147 ชนิดของ Cartridge

0 - ROM ONLY 3 - ROM+MBC1+RAM+BATTERY

1 - ROM+MBC1 5 - ROM+MBC2

2 - ROM+MBC1+RAM 6 - ROM+MBC2+BATTERY

0148 ขนาดของ ROM

0 - 256kBit = 32kB = 2 banks

1 - 512kBit = 64kB = 4 banks

2 - 1MBit = 128kB = 8 banks

3 - 2MBit = 256kB = 16 banks

4 - 4MBit = 512kB = 32 banks

0149 ขนาดของRAM

0 - None

1 - 16kBit = 2kB = 1 bank

2 - 64kBit = 8kB = 1 bank

3 - 256kBit = 32kB = 4 banks

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

0150-0151 รหัสของบริษัทผู้ผลิตเกม

3301 - Nintendo

7901 - Accolade

A400 - Konami

014C ตัวเลขเวอร์ชั่น

014D ตรวจเช็คComplement

014E-014F ตรวจเช็คตลับเกมว่าผลิตอย่างถูกต้องหรือไม่ (เช็คจากไบต์สูงก่อน)

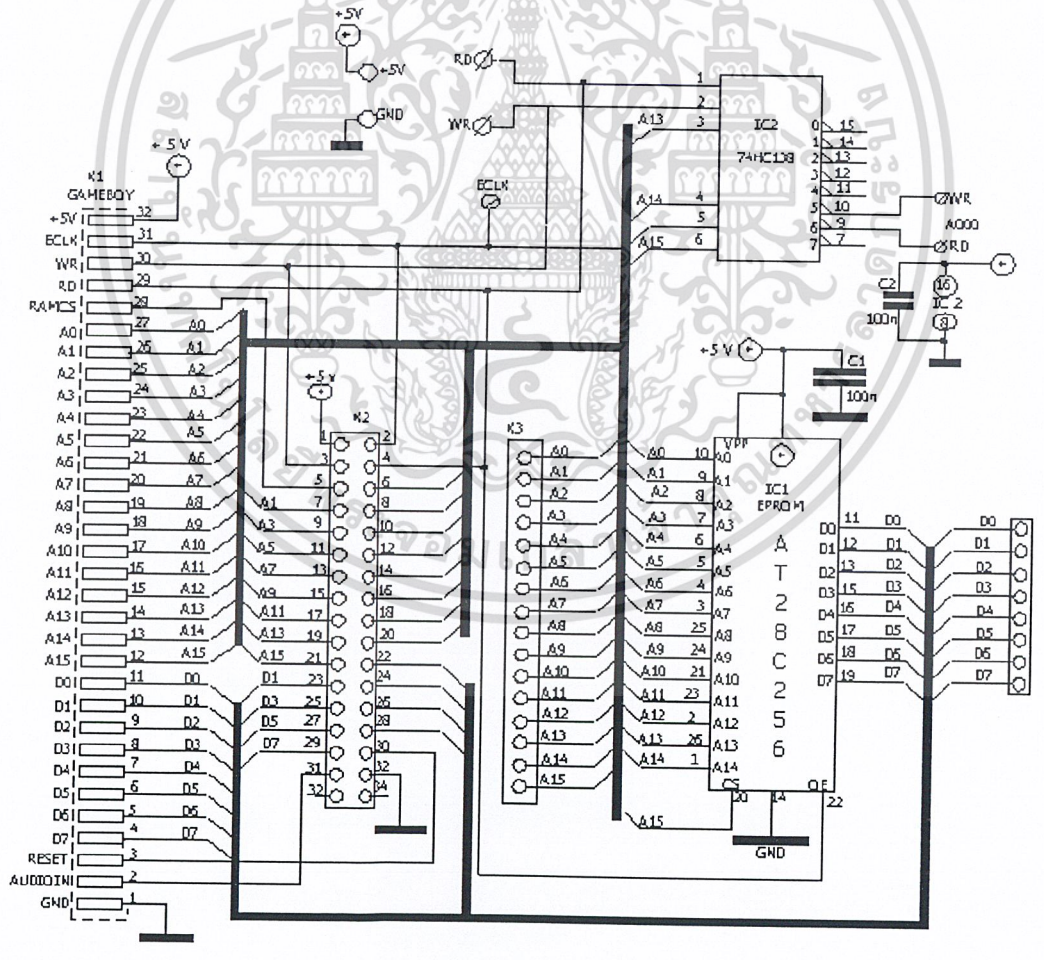
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4
การ์ดอินเตอร์เฟส

4.1 บทนำ

ในการที่จะควบคุมให้จอ LCD ของเกมบอยแสดงผลตามที่ต้องการนั้น ต้องมีการ์ดที่ใช้ในการอินเตอร์เฟสโดยเฉพาะ เพื่อให้สามารถควบคุมการทำงานของหน่วยประมวลผลภายในได้ จะต้องป้อนชุดคำสั่งผ่านทางพอร์ตขนานของเกมบอยโดยตรง วิธีที่ง่ายที่สุดคือการเขียนชุดคำสั่งเก็บไว้ใน EEPROM ภายนอก แล้วอินเตอร์เฟสผ่านพอร์ตของเกมบอย โดยส่วนต่างๆของพอร์ตได้แสดงไว้ในวงจรแล้ว ซึ่งมีลายละเอียดต่างๆ ดังนี้

4.2 วงจรการ์ดอินเตอร์เฟส



รูปที่ 4.1 วงจรของการ์ดที่ใช้ควบคุมหน้าจอ GameBoy

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3 การทำงานของวงจร

จากวงจรในรูปที่ 4.1 แสดงให้เห็นวงจรของการ์ดอินเตอร์เฟสที่ใช้ ติดต่อกับหน่วย CPU ภายในเกมบอย เพื่อควบคุมการแสดงผลบนหน้าจอ LCD ภายในวงจร โดยจะใช้ตัว EEPROM เบอร์ AT 28C256 เพื่อใช้ในการติดต่อกับ CPU ซึ่ง EEPROM เบอร์นี้มีความจุ 32 KB เพียงพอกับการเขียนข้อมูลพื้นฐาน จะเห็นได้ว่าสามารถต่อขา Adress กับขา DATA ของตัว EERPOM เข้ากับขา Adress และขา DATA บน Slot ของเกมบอยได้ โดยตรง ซึ่งมี IC เบอร์ 74 HC148 เป็นตัวควบคุมในการอ่านข้อมูลบนตัว EEPROM โดยสามารถควบคุมได้จากภายนอก และควบคุมโดย CPU ในตัวเกมบอย ซึ่งเราจะต้องเขียนโปรแกรมเข้าไป ในที่นี้จะใชการเขียนโปรแกรมเข้าไปควบคุมเพื่อความสะดวกและลดความความยุ่งยากลง ในวงจรยังมี C1 และ C2 ต่อเข้าไปในวงจรในลักษณะต่อครอ่มกับแหล่งจ่าย ทั้งนี้เพื่อความเสถียรภาพของวงจร

นอกจากอุปกรณ์ดังกล่าวแล้วก็ยังมีก็ยังมีอุปกรณ์ที่เพิ่มเข้ามาคือ K2 , K3 , K4 ซึ่งเป็น conecter ที่ใช้เพิ่มความความสะดวกในการวัดสัญญาณค่าต่างๆ รวมทั้งสามารถใช้เป็นตัวที่ใช้ในการติดต่อกับอุปกรณ์ภายนอก เพื่อที่จะนำมาต่อเพิ่มเติม การติดต่อ Port I/O เพื่อใช้ควบคุมตัวอุปกรณ์ภายนอกหรือรับสัญญาณต่างๆเข้าไป ซึ่งอุปกรณ์ ดังกล่าวนั้นจึงอาจไม่จำเป็นต้องมีในวงจรก็ได้ ถึงแม้ว่าจะเอาส่วนนี้ออกไป วงจรก็ยังสามารถทำงานได้เหมือนเดิม

แหล่งจ่ายไฟที่ใช้สำหรับวงจรนี้จะใช้แหล่งจ่ายไฟเพียงชุดเดียวกันคือแรงดันไฟ 5 V ซึ่งแหล่งจ่ายไฟ นี้จะได้มาจาก port output ของเกมบอย (เป็นแรงดันไฟตรงที่ตัวเกมบอยผลิตขึ้นมาใช้กับการ์ดโดยเฉพาะ) ดังนั้นจึงไม่จำเป็นต้องหาแหล่งจ่ายไฟจากภายนอกมาต่อให้กับตัวการ์ดเลย

จากวงจรจะเห็นได้ว่า ส่วนที่เป็นตัวควบคุมการแสดงผลบนหน้าจอ LCD โดยจะใช้เป็น IC memory คือ AT 28C256 ซึ่งเป็น EEPROM ซึ่งข้อมูลหรือโปรแกรม ทั้งหมดจะถูกเก็บไว้ใน IC ตัวนี้เพียงตัวเดียว โดยโปรแกรมที่เขียนลงไปนั้นจะเป็นตัวควบคุมการทำงานของCPU ที่อยู่ในตัวเกมบอยอีกที สาเหตุที่ใช้ IC memory เป็นเบอร์ AT 28C256 นั้นเนื่องจากเป็นเบอร์ที่สะดวกต่อการนำไปใช้งานเพราะหลังจากที่เขียนโปรแกรมเสร็จเรียนร้อยแล้วก็สามารถที่จะอัดโปรแกรมลงไปในตัวไอซีได้เลยโดยไม่ต้องลบโปรแกรมเก่าออกก่อนทำให้ลดขั้นตอนอันยุ่งยากนี้ลงไปได้

4.4 การสร้างการ์ด

อุปกรณ์ทั้งหมดที่แสดงในรูปที่ 4.1 มีอุปกรณ์หลักๆอยู่แค่ตัวเดียวคือ EEPROM ซึ่งทำหน้าที่เก็บข้อมูลที่ใช้ในการควบคุมการทำงานของหน้าจอเกมบอย และจะเห็นว่ามีคอนเนคเตอร์ที่มีไว้สำหรับเป็นจุดวัดเพื่อทดสอบสัญญาณและเอาไว้ติดต่อกับอุปกรณ์ภายนอกเพิ่มเติม จะเห็นว่าอุปกรณ์ในวงจรมีไม่มากดังนั้นจึงไม่ควรออกแบบการ์ดให้มีขนาดใหญ่มากเพื่อความสะดวกในการใช้งาน (ควรมีขนาดเท่ากับตลับเกมบอย) ในการทดสอบอย่างแรกเลยหลังจากที่ได้แผน PCB ออกมาแล้วคือ นำแผ่น PCB ที่สร้างเสร็จเรียบร้อยแล้วมาเสียบลงบน Slot ของตัวเครื่องเล่นเกมส์บอย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เสียก่อนก่อนที่จะลงอุปกรณ์บนแผ่นปริ้น เพื่อทดสอบดูว่าจุดที่เชื่อมต่อของลายวงจรกับ Slot ของตัวเครื่องนั้นตรงกันหรือไม่ ดังนั้นก่อนที่จะนำลายทองแดงไปกัดถ้ามีตัวตลับเกมส์ก็ควรนำลายทองแดง(ก่อนนำไปทำปริ้น) ไปวัดกับตัวตลับเกมในส่วนที่สัมผัสกับ Slot ของเกมบอยเสียก่อน

ข้อสังเกต ในการนำวงจรสมมูลนี้ออกแบบลงบนแผ่นปรินส์ หรือแผ่น PCB นั้นส่วนที่สำคัญที่สุดคือจะต้องออกแบบในส่วนของ คอนเนทเตอร์ ที่เป็นตัวติดต่อกับ slot ของเกมบอยนั้นให้มีขนาดตรงกัน ถ้าส่วนนี้ไม่ตรงกันการ์ดจะไม่ทำงานส่งผลให้เกมบอยไม่ทำงานเช่นกัน หรือทำงานแบบไม่มีความเสถียรภาพเพราะเกิด error

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
การเขียนโปรแกรมแสดงเมนู

5.1 บทนำ

จากที่ผ่านมาจะเห็นได้ว่าตัวประมวลผลภายในตัวเครื่องเล่นเกมบอยเป็นชิป CPU ในลักษณะเดียว กันกัน CPU ของ Z80 ดังนั้นโปรแกรมที่ใช้เขียนคำสั่งจึงเป็นคำสั่งเดียวกับของ Z80 แต่มีเพียง บางคำสั่งเท่านั้นที่แตกต่างไปจากคำสั่งของ Z80 ดังที่ได้กล่าวมาแล้วในบทที่ 3

5.2 การทดลอง

เนื่องจากคำสั่งที่ใช้เขียนควบคุมหน้าจอเกมบอยนั่นค่อนข้างมีความยุ่งยากซับซ้อนและมีการแก้ไขเปลี่ยนแปลงบ่อย ๆ โดยใช้ซอฟต์แวร์บางตัวที่ใช้กับเกมบอยโดยเฉพาะมาเป็นตัวช่วยในการพัฒนาโปรแกรม ซึ่งมีซอฟต์แวร์ตัวที่ทำเป็นตัวแสดงผลเหมือนหน้าจอเกมบอย โดยซอฟต์แวร์ตัวนี้จะทำหน้าที่เหมือนกับการจำลองหน้าจอ LCD ของเกมบอยมาไว้บนหน้าจอคอมพิวเตอร์ เมื่อเขียนโปรแกรมเสร็จเรียบร้อยแล้วก็สามารถนำโปรแกรมนั้นมาทดลอง RUN โปรแกรมบนคอมพิวเตอร์ได้ทันทีก่อนที่จะนำข้อมูลนั้นไปเขียนลงบนชิพ EEPROM แต่มีข้อแม้ว่าโปรแกรมที่เขียนเสร็จแล้วนั้นต้อง Save เป็นนามสกุล GB เท่านั้น เช่น โปรแกรมชื่อ TEST ต้อง Save เป็น TEST.GB เท่านั้น CPU บนเกมบอยจึงจะอ่านคำสั่งได้

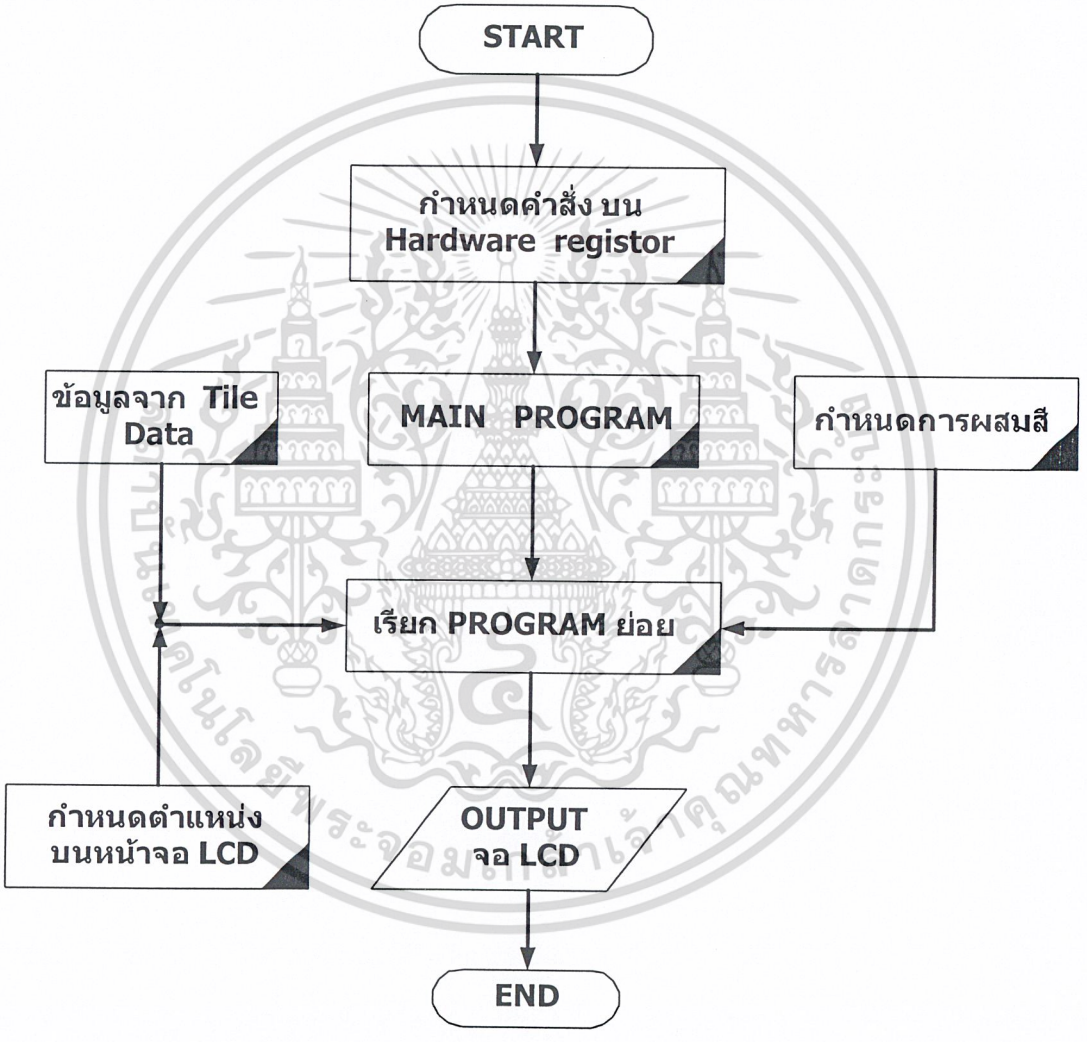
5.3 ขั้นตอนการพัฒนาโปรแกรม

1. สร้าง text file ของโปรแกรมบนไมโครคอมพิวเตอร์
2. แปลงโปรแกรมเป็นนามสกุล GB
3. ทดสอบโปรแกรมบนคอมพิวเตอร์
4. เขียนโปรแกรมลงบนตัวชิพ EEPROM
5. ทดสอบการแสดงผลบนหน้าจอเกมบอย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

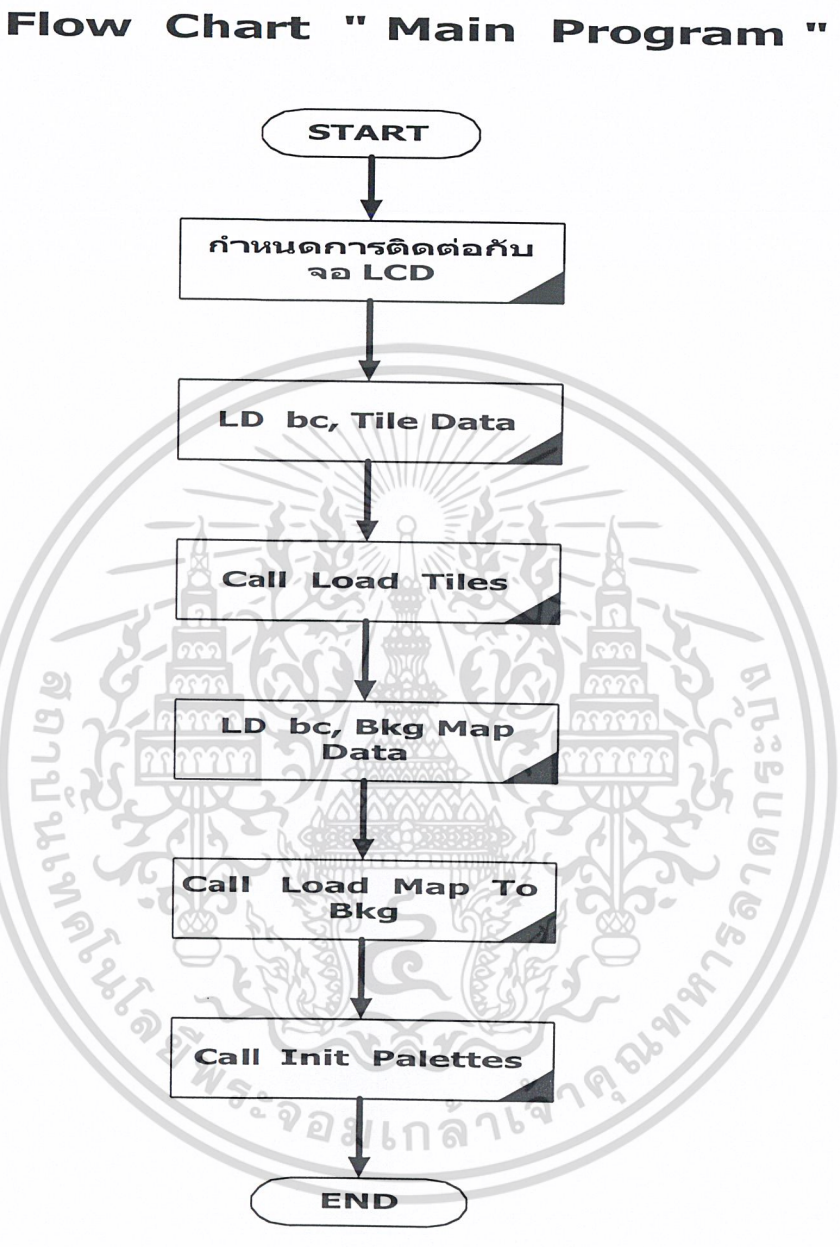
1. สร้าง text file ของโปรแกรมบน คอมพิวเตอร์

ในการเขียนโปรแกรมที่ใช้ควบคุมหน้าจอเกมส์บอยนั้นสามารถบนคอมพิวเตอร์ได้ก่อนที่จะนำไปเขียนลงบน EEPROM ซึ่งสามารถเขียนบน Microsoft Word หรือ Note Pad ก็ได้ โดยรายละเอียดโครงสร้างของโปรแกรมมีดังนี้



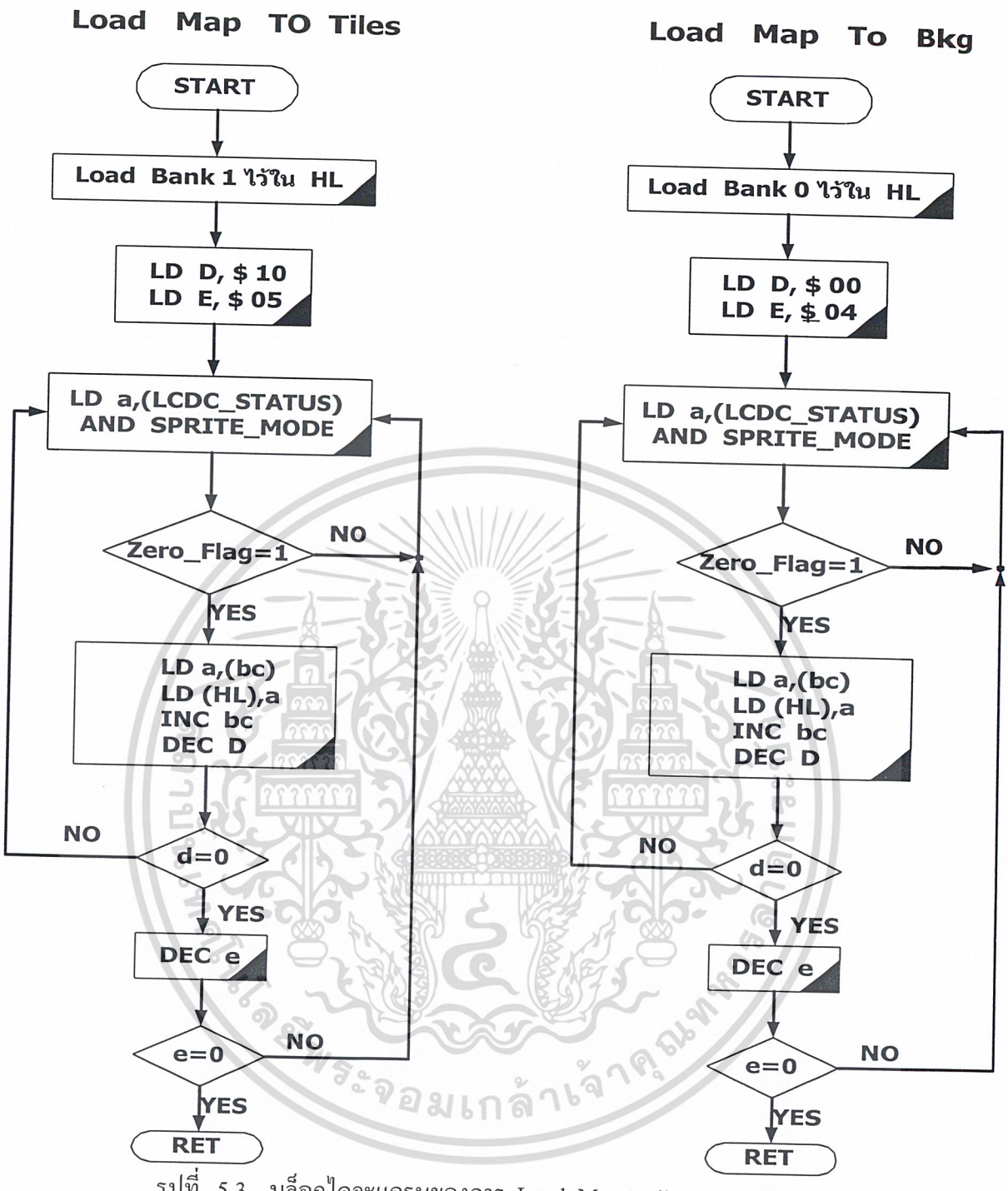
รูปที่ 5.1 บล็อกไดอะแกรมของโปรแกรมควบคุมจอ LCD ของ Gameboy®

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.2 บล็อกไดอะแกรมของตัวโปรแกรมหลักที่ใช้ในการทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.3 บล็อกไดอะแกรมของการ Load Map to tiles และ to Bkg

2. แปลงโปรแกรมเป็นนามสกุล GB

ทำการ Save File หลังจากที่เขียนโปรแกรมเสร็จเรียบร้อยแล้ว ต้องทำการ Save File เป็นนามสกุลของ GB เท่านั้น ถ้าไม่ Save เป็นนามสกุลของ GB โปรแกรมนั้นก็จะไม่สามารถนำไปใช้งานบน GameBoy ได้ โดยในการแปลง File เป็น .GB นั้นจะใช้ ซอฟต์แวร์เป็นตัวช่วย ซอฟต์แวร์ตัวนี้สามารถ Download ได้จาก Internet ซึ่งชื่อของเวปไซด์นั้นจะเขียนบอกไว้ในส่วนของบรรณานุกรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

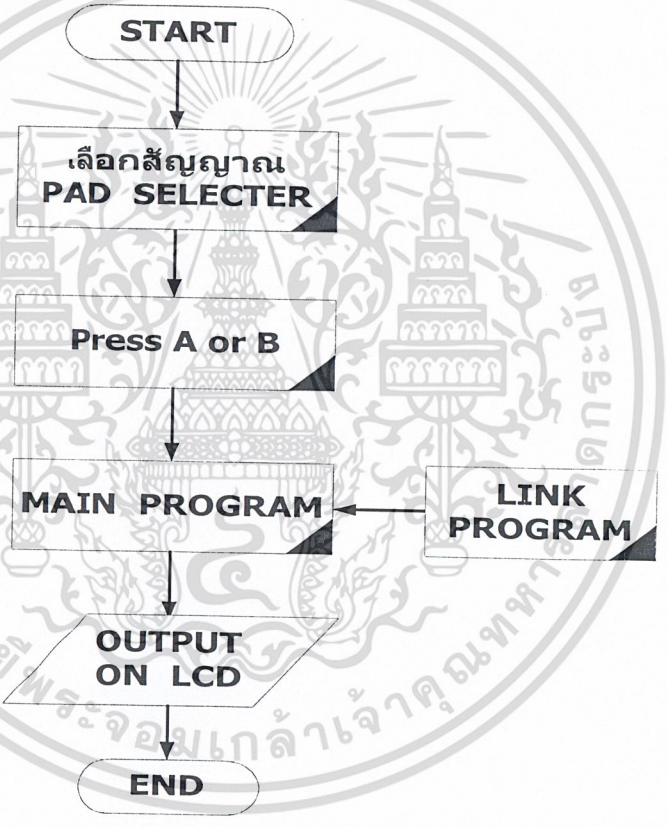
3. ทดสอบโปรแกรมบนคอมพิวเตอร์

การทดสอบโปรแกรมบนคอมพิวเตอร์ ใช้ซอฟต์แวร์เป็นตัวช่วยเช่นกัน โดยคุณสมบัติของซอฟต์แวร์ตัวนี้จะทำหน้าที่เหมือนกับเครื่องเกมบอยทุกอย่าง ซึ่งสามารถนำโปรแกรมที่เขียนเสร็จแล้วมาทดลอง RUN บนโปรแกรมดังกล่าวเพื่อดูผลที่แสดงบนหน้าจอเกมส์บอยจำลองก่อนที่จะนำโปรแกรมนั้นไปเขียนลงบน EEPROM

4. เขียนโปรแกรมที่สมบูรณ์แล้วลงบนชิพ EEPROM

เมื่อเขียนโปรแกรมเสร็จแล้ว หลังจากนั้นก็นำไป เขียนลงบนซิป AT 28C256 อีกที เพื่อจะได้นำไปใส่ลงบนการ์ดที่สร้างขึ้นมาแล้วจึงนำไปทดสอบการแสดงผลทางหน้าจอต่อไป

5. ทดสอบการแสดงผลบนหน้าจอเกมบอย



รูปที่ 5.4 บล็อกไดอะแกรมของการเลือกเมนู

หลังจากทำทุกขั้นตอนดังที่กล่าวมาแล้ว ก็ทำการทดสอบดูว่าผลที่ได้จากเครื่องเล่นเกมบอยนั้นตรงกับผลที่ได้จากการการจำลองแบบหรือไม่ ถ้ายังมีปัญหาก็กลับไปแก้ไขที่ตัวโปรแกรม หรืออาจจะตรวจเช็คที่ช่องเสียบการ์ดของตัวเครื่องเล่นเกมบอยซึ่งอาจจะหลวมได้ หรือ ลายเส้นวงจรไม่ตรงกันก็เป็นได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

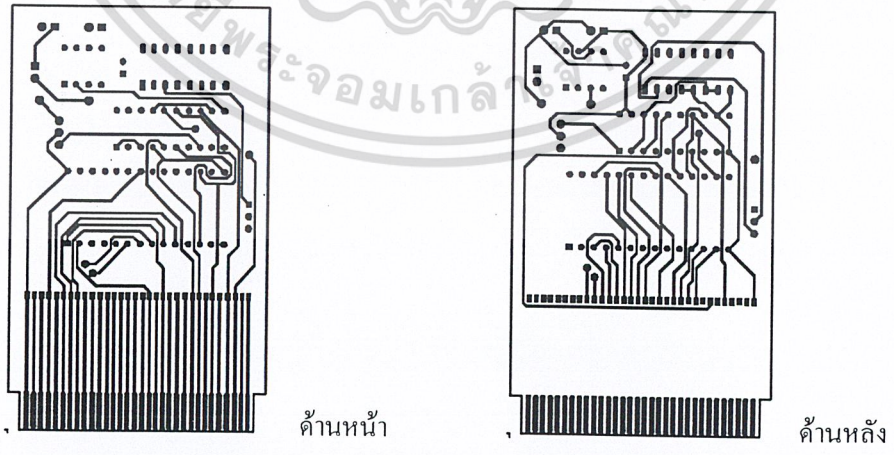
บทที่ 6
การทดลองและผลการทดลอง

เนื่องจากโครงงานนี้ได้แบ่งการทดลองออกเป็น 2 ส่วน คือส่วนที่เขียนโปรแกรมเพื่อให้แสดงผลบนหน้าจอ LCD และส่วนของการทำการ์ดอินเตอร์เฟส ซึ่งใช้ในการติดต่อกับเครื่องเกมบอยเพื่อให้ได้สัญญาณต่างๆตามที่ได้เขียนโปรแกรมเอาไว้

6.1 การสร้างการ์ดอินเตอร์เฟส

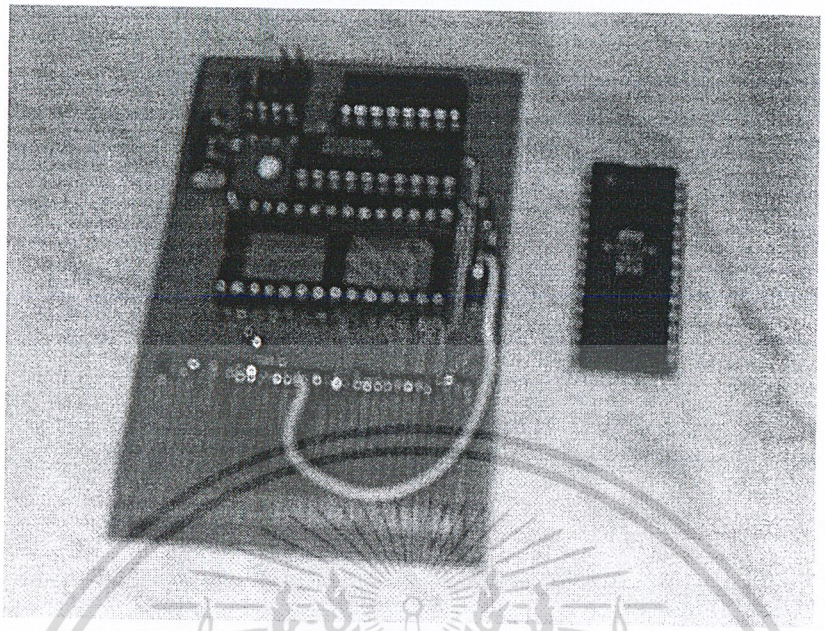
หลังจากจัดหาอุปกรณ์ต่างๆครบเรียบร้อยแล้ว(รายละเอียดอยู่ในบทที่4)จากนั้นก็ลงมือทำแผ่นวงจรพิมพ์ตามรูปที่ 6.1 ในขั้นตอนการทำแผ่นการ์ดวงจรนั้นต้องระมัดระวังอย่างยิ่งเพราะเป็นแบบแผ่นวงจร 2 หน้า หรือ แบบ เพดทูโฮล ซึ่งจะค่อนข้างซับซ้อนและละเอียด เสร็จแล้วก็ตรวจตราดูว่ามีลายวงจรขาดหรือลัดวงจรหรือไม่ จึงค่อยลงตัวอุปกรณ์

ในขั้นตอนแรกควรบัดกรีตัวต้านทานและอุปกรณ์ตัวเล็กๆก่อน ส่วนตัวไอซีควรดูตำแหน่งและทิศทางการลงให้ถูกต้อง ควรจะใช้ซ๊อกเก็ตด้วยเพื่อสะดวกในการถอดเปลี่ยนหรือซ่อมแซม หลังจากนั้นก็เชื่อมต่อสายวงจร และตรวจสอบอีกที โดยวัดสัญญาณตามจุดต่างๆว่าถูกต้องหรือไม่ ถ้าใช้ออสซิลโลสโคป ในการตรวจวัดจะต้องระมัดระวังให้มาก โดยเฉพาะออสซิลโลสโคปแบบ 2 ช่องขึ้นไปซึ่งเป็นแบบที่มีกราวด์ร่วมกัน ซึ่งการวัดในจุดต่างๆอาจทำให้เกิดการลัดวงจรขึ้นได้ในบางส่วนและทำให้ค่าที่อ่านได้ผิดพลาดหรืออาจเกิดการเสียหายกับวงจรได้ ถ้าจำเป็นต้องใช้ออส-ซิลโลสโคปก็ควรใช้เพียงช่องเดียว



รูปที่ 6.1 แสดงลายวงจรพิมพ์ของการ์ดอินเตอร์เฟส

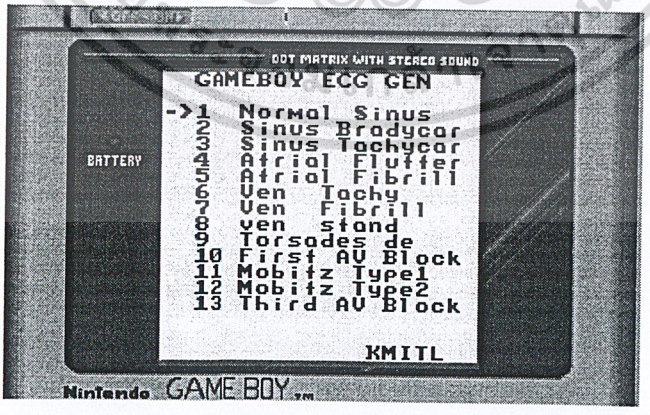
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 6.2 แผ่นการ์ดอินเตอร์เฟสที่เสร็จเรียบร้อยแล้ว

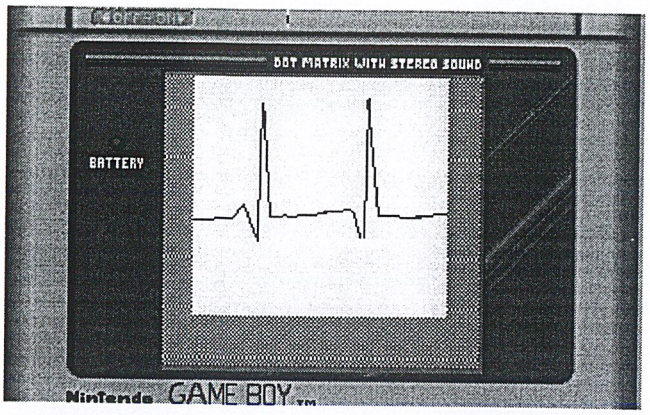
6.2 ขั้นตอนการเขียนและ Run โปรแกรมในคอมพิวเตอร์

หลังจากที่สร้างการ์ดอินเตอร์เฟส เสร็จเรียบร้อยแล้ว หลังจากนั้นก็ทำการเขียนโปรแกรม (แสดงไว้ในภาคผนวก) เพื่อควบคุมให้จอ LCD แสดงผลตามที่ต้องการ จากนั้นนำโปรแกรมที่ได้ไปลอง Run บนคอมพิวเตอร์ซึ่งเป็นโปรแกรมที่จำลองหน้าจอ LCD ของเกมบอยมาไว้ในคอมพิวเตอร์ผลที่ได้นั้นจะเหมือนกับที่แสดงบนหน้าจอ LCD ของเกมบอยเครื่องจริงทุกประการ

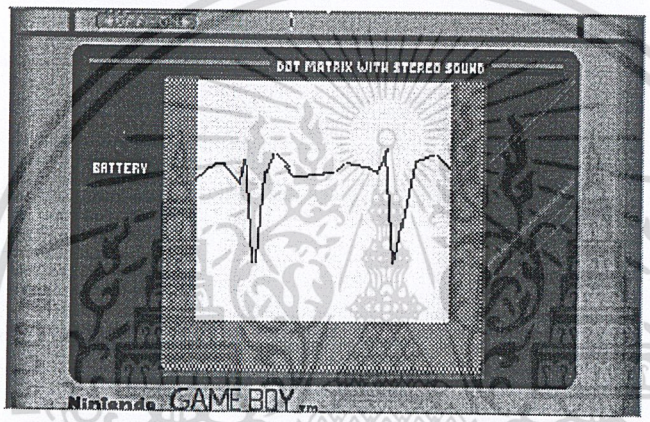


รูปที่ 6.3 แสดงเมนูเลือกของรูปแบบสัญญาณไฟฟ้าหัวใจ

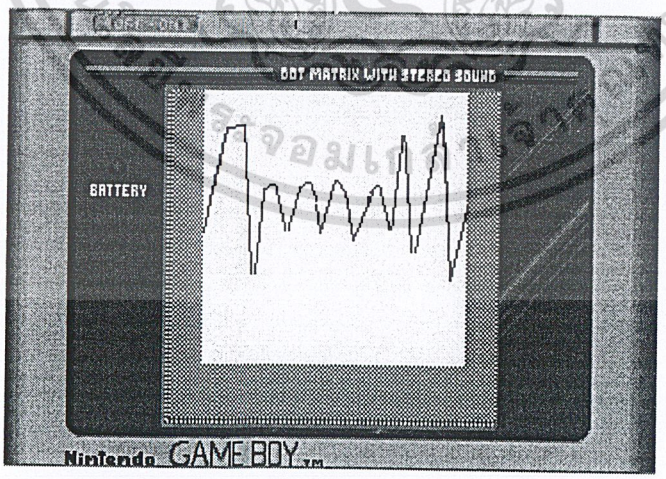
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 6.4 แสดงสัญญาณแบบ Normal Sinus Rhythm



รูปที่ 6.5 แสดงผลตัวอย่างของสัญญาณแบบอื่นที่ถูกเลือก(Sinus Bradycardia)



รูปที่ 6.6 แสดงผลตัวอย่างของสัญญาณแบบอื่นที่ถูกเลือก(Torsades de Pointes)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

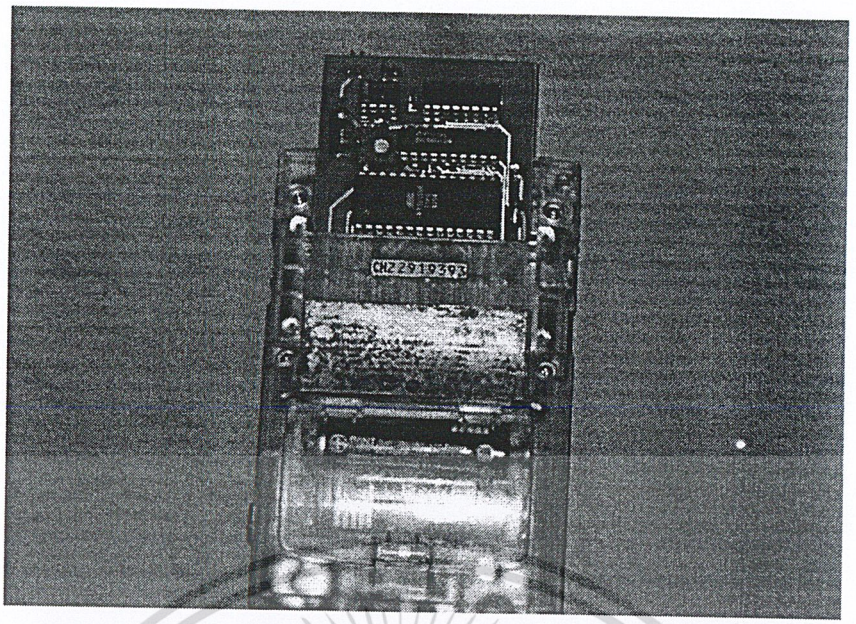
ข้อดีของการที่ Run โปรแกรมบนคอมพิวเตอร์ก่อนนั้นคือ ถ้าไม่พอใจกับผลที่ได้ ก็สามารถแก้ไขได้เลยจนเป็นที่พอใจก่อนที่จะนำโปรแกรมที่ได้นั้นไปเขียนลงบน EEPROM ทำให้สามารถประหยัดเวลาและลดความยุ่งยากลงได้มาก เมื่อได้โปรแกรมที่ต้องการแล้วก็จะนำไปเขียนลงบน IC ที่เป็น EEPROM และนำ IC ที่ได้ไปเสียบลงบนการ์ดอินเตอร์เฟส และนำการ์ดที่ได้ไปเสียบเข้ากับ Slot ของเครื่องเกมบอย จากนั้นก็เปิดสวิตซ์ ของเครื่องเกมบอย

6.3 การเชื่อมต่อของการ์ดอินเตอร์เฟสกับเครื่องเกมบอย

หลังจากเสร็จสิ้นขั้นตอนต่างๆดังที่ได้กล่าวมาแล้วข้างบน จากนั้นก็นำส่วนของการ์ดอินเตอร์เฟสที่สร้างขึ้นนำมาเสียบต่อเข้ากับตัวเครื่องเกมบอยในส่วนที่ใช้เสียบตลับเกม(Slot) ในการเสียบการ์ดต้องให้ลายทองแดงระหว่างแผ่นการ์ดอินเตอร์เฟสกับที่ช่องเกมบอยตรงกัน และการ์ดที่เสียบแล้วต้องให้แน่นพอ เพราะไม่อย่างนั้นแล้วเกมบอยจะไม่ทำงานหรือเกิดข้อผิดพลาดขึ้นได้

รูปที่ 6.7 ขั้นตอนการเสียบการ์ดในตำแหน่งเดียวกับช่องตลับเกมบอย

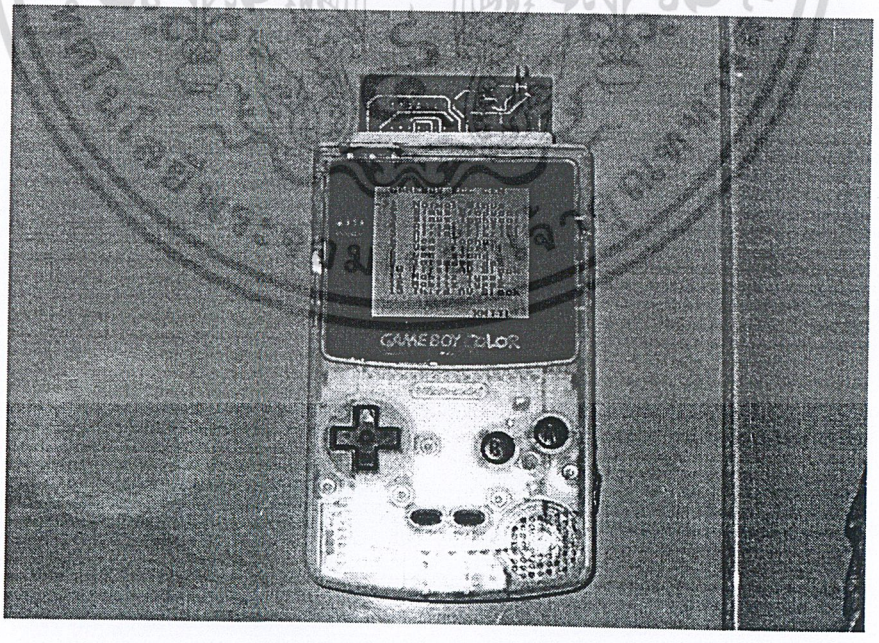
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 6.8 ส่วนด้านหลังของเครื่องเกมบอยที่ต่อกับการ์ดอินเตอร์เฟสแล้ว

6.4 ขั้นตอนการ Run โปรแกรมบนเครื่องเกมบอย

หลังจากที่เชื่อมต่อการ์ดอินเตอร์เฟสกับเครื่องเล่นเกมบอยเป็นที่เรียบร้อยแล้ว เมื่อทำการเปิดเครื่อง ที่จอ LCD จะแสดงสัญญาณลักษณ์ของบริษัท Nintindo หลังจากนั้นจะแสดงโปรแกรมของเมนูดังที่ได้เขียนเอาไว้ซึ่งได้แสดงในรูปที่ 6.9

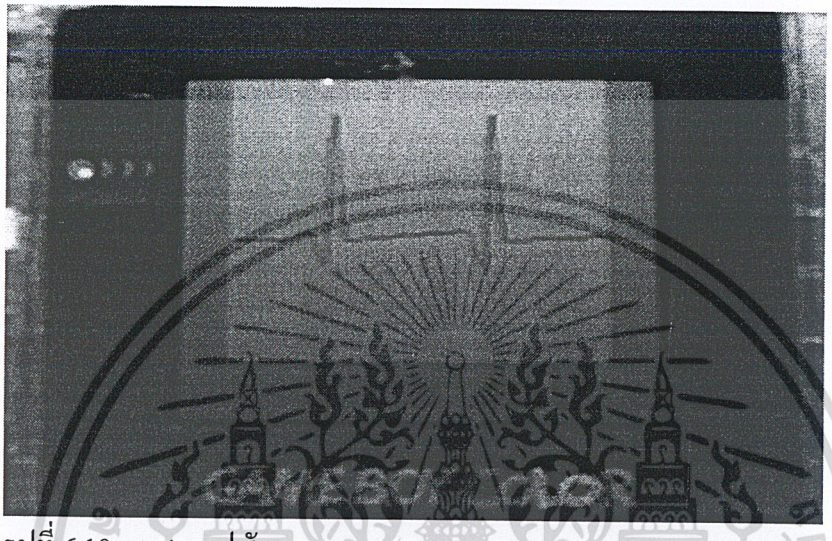


รูปที่ 6.9 แสดงการเริ่มต้นทำงานของโครงงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ซึ่งจากเมนูสามารถเลือกรูปแบบสัญญาณไฟฟ้าหัวใจ ต่างๆ ทั้ง 13 แบบสัญญาณตามที่ได้แสดงในเมนูเลือก สาหตุที่มีรูปแบบสัญญาณไฟฟ้าหัวใจ เพียง 13 แบบ เพราะว่าปัญหาของพื้นที่ในส่วนของ memory ไม่เพียงพอต่อ สัญญาณไฟฟ้าหัวใจให้ครบทุกลีดค์

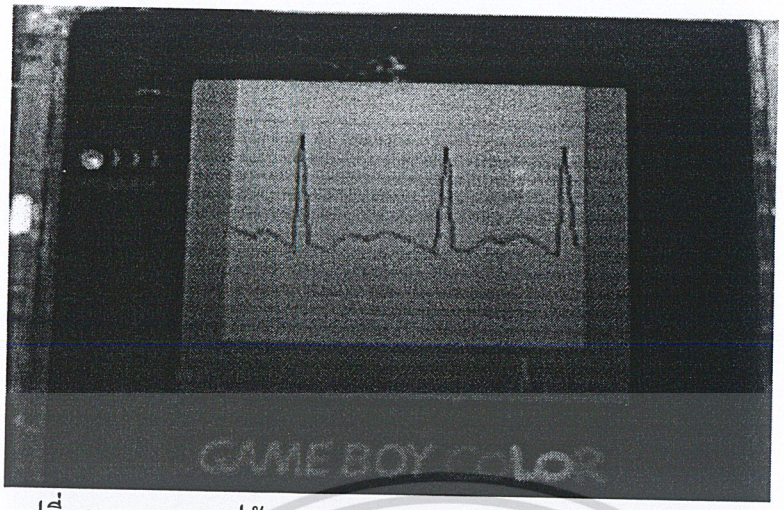
6.5 แสดงผลการทดลองทั้ง 13 รูปสัญญาณ



รูปที่ 6.10 แสดงรูปสัญญาณแบบ Normal Sinus Rhythm

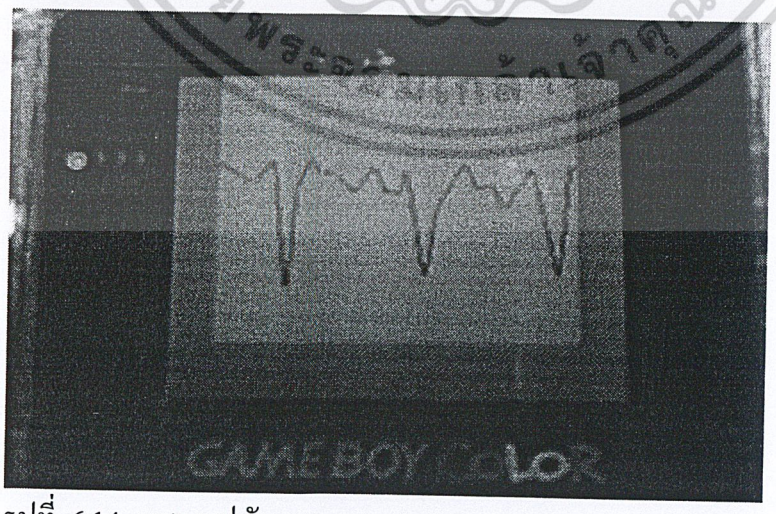
รูปที่ 6.11 แสดงรูปสัญญาณแบบ Sinus Bradycardia

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



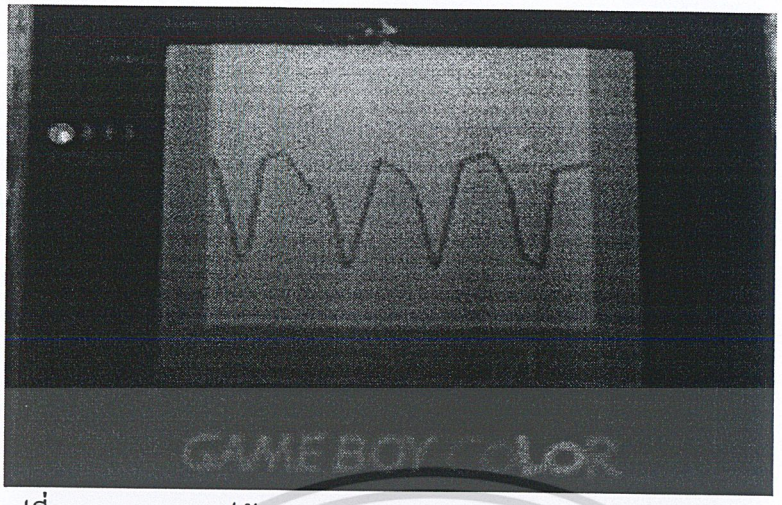
รูปที่ 6.12 แสดงรูปสัญญาณแบบ Sinus Tachycardia

รูปที่ 6.13 แสดงรูปสัญญาณแบบ Atrial Flutter



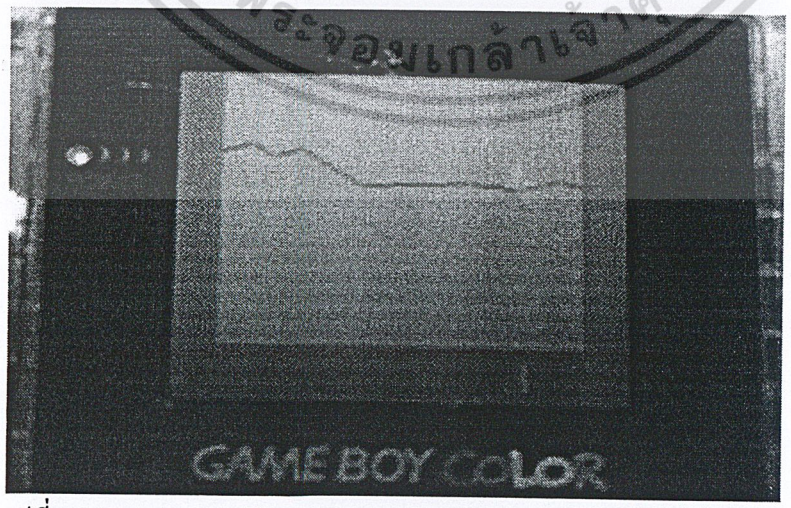
รูปที่ 6.14 แสดงรูปสัญญาณแบบ Atrial Fibrillation

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



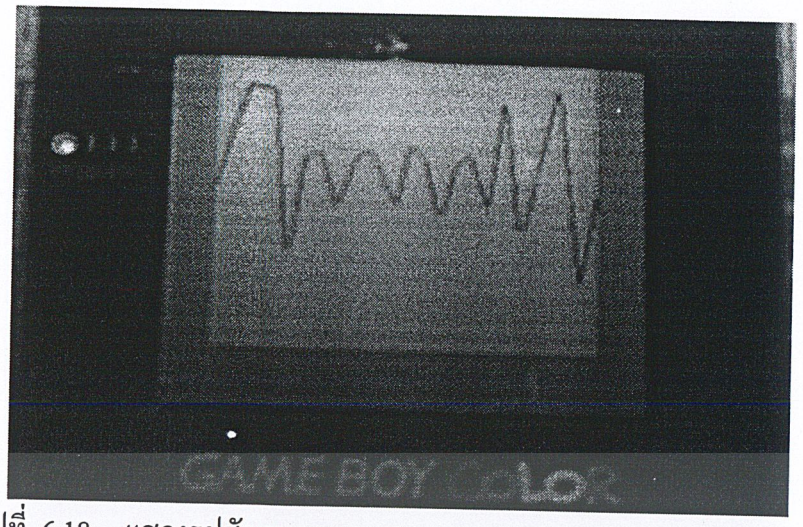
รูปที่ 6.15 แสดงรูปสัญญาณแบบ Ventricular Tachycardia

รูปที่ 6.16 แสดงรูปสัญญาณแบบ Ventricular Fibrillation



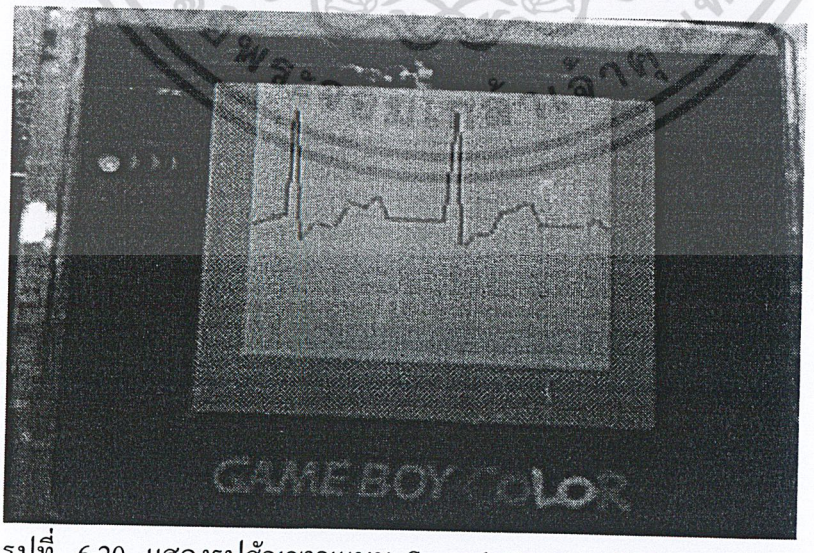
รูปที่ 6.17 แสดงรูปสัญญาณแบบ Ventricular Standstill (Asystole)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



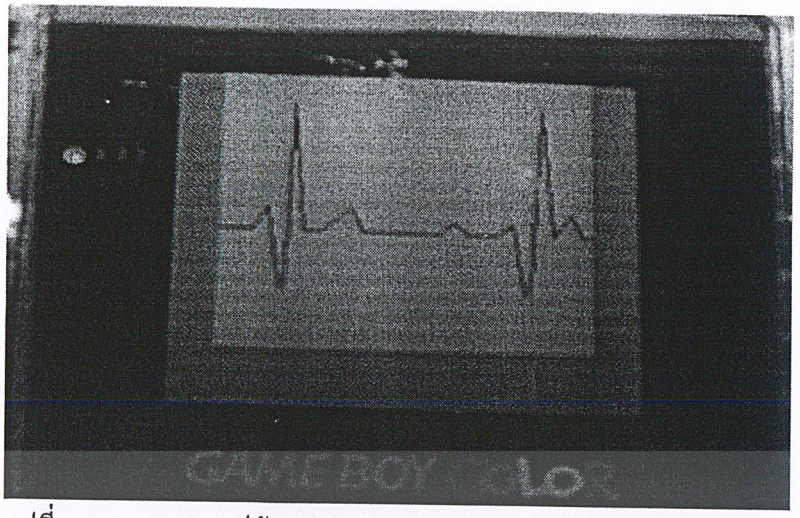
รูปที่ 6.18 แสดงรูปสัญญาณแบบ Torsades de Pointes

รูปที่ 6.19 แสดงรูปสัญญาณแบบ First-Degree AV Block



รูปที่ 6.20 แสดงรูปสัญญาณแบบ Second- Degree AV Block :Mobitz Type 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 6.21 แสดงรูปสัญญาณแบบ Second- Degree AV Block :Mobitz Type 2

รูปที่ 6.22 แสดงรูปสัญญาณแบบ Third- Degree AV Block

ผลที่ได้จากการทดลองนั้นจะแสดงอยู่ลักษณะของ เมนูให้เลือก โดยสามารถเลื่อนเมนูได้จากการกดปุ่มขึ้น-ลง (Pad) บนเครื่องเกมบอยและปุ่ม A หรือ B เพื่อตอบตกลงในการดูสัญญาณที่ถูกเลือก ตามที่ต้องการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 7
บทสรุป

โครงงานนี้เป็นการศึกษาเพื่อประยุกต์เครื่องเล่นเกมขนาดเล็ก(Gameboy®) มาใช้ในการแสดงผลกราฟฟิค เพื่อจะนำไปใช้ในงานประยุกต์อื่น ๆ ซึ่งพบว่านอกจาก จะใช้ประโยชน์จากหน้าจอความละเอียดสูง แล้ว ยังสามารถใช้ประโยชน์ของหน่วยประมวลผลภายในของเครื่องเล่นเกมนี้ ตัวอย่างของการประยุกต์ใช้งาน ที่ได้พัฒนาขึ้นหลักจากศึกษาถึงการใช้งานเครื่องเล่นเกมนี้แล้ว ได้ประยุกต์ให้สามารถแสดง คลื่นไฟฟ้าหัวใจ ที่จำลองขึ้นมาได้ อย่างที่ต้องการ และได้ทำเป็นลักษณะของเมนูให้เลือกดูสัญญาณในลักษณะต่างๆซึ่งจะเป็นแนวทางในการประยุกต์ใช้งาน ต่อไป

ข้อดีข้อเสียของจอ LCD ทั่วไปกับจอ LCD ของเกมบอย

ข้อดี

1. ราคา จอของเกมบอยจะมีราคาถูกกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับจอ LCD ทั่วไปที่เป็นจอกราฟฟิคเหมือนกันและขนาดเดียวกันนี้
2. ความละเอียด ของจอภาพถือว่ามีความละเอียดมากเมื่อเปรียบเทียบกับจอ LCD Graphic ทั่วๆไปคือ สามารถแสดงเชดสีได้สูงสุดถึง 56 จาก 32768 เชดสี
3 .ความคมชัด เนื่องจากจอ LCD ของเกมบอยมีความละเอียดค่อนข้างสูง ดังนั้นจึงมีความคมชัดของจอภาพสูงเช่นกัน ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับการเขียนคำสั่งควบคุมว่าจะให้มีความคมชัดมากน้อยเพียงใด
4. ความเร็วในการแสดงแบบ Real time นั้นจะขึ้นกับความเร็วของตัวประมวลผลภายในเกมส์บอยโดยความเร็วในการแสดงผลคือ 8.388 Mhz ซึ่งถือว่าเร็วมากพอที่จะใช้เป็นตัวแสดงผลทางด้านกราฟฟิค

ข้อเสีย

จากที่กล่าวมา จะเห็นได้ว่าจอ LCD ของเกมบอยนั้นมีข้อดีมากพอสมควรแต่ก็มีข้อเสียอยู่เหมือนกันเนื่องจากตัวประมวลผลภายในเกมบอยมีคุณสมบัติคล้ายกับ Z80 แต่จะมีบางคำสั่งที่ใช้ไม่เหมือนกันที่เป็นคำสั่งที่ใช้กับเกมบอยโดยเฉพาะดังจึงมีความยุ่งยากซับซ้อนในการเขียนโปรแกรมควบคุมจอ LCD แต่ถ้าเป็น LCD

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

1. ชัชรี ปิ่นแก้ว และ นิภาพรรณ ภู่ละมัย " เครื่องวัดสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจ " ปริญญานิพนธ์วิศวกรรมศาสตร์ ภาควิชาอิเล็กทรอนิกส์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระเจ้าเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง พศ.2538
2. พงศ์ศักดิ์ ธีระกำจาย " เครื่องบันทึกคลื่นไฟฟ้าหัวใจ " ปริญญานิพนธ์วิศวกรรมศาสตร์ ภาควิชาอิเล็กทรอนิกส์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระเจ้าเกล้าเจ้าคุณทหารลาด-กระบัง พศ.2543
3. Page technique de Jeff Frohwein:http://www.devrs.com /gb/
4. GBDK de Pascal Fellber et Michael Hope: http//gbdk.sourceforge.net/

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โปรแกรมที่ใช้ในโครงงาน

```
;*******************************
****
;*  Demo for 160x128 APA graphics  *
;*******************************
****

RGBSet:       MACRO
      DW      ((\3 >> 3) << 10) + ((\2
>> 3) << 5) + (\1 >> 3)
      ENDM

lcd_WaitVRAM2: MACRO
      ld      a,[rSTAT]       ; <---+
      and     STATF_BUSY      ;     |
      jr      nz,@-4          ; ----+
      ENDM

RENDER_TO_VRAM    equ    0    ;
0 = $C000, 1 = $8000

GREY_SCALE        equ    1    ; 0 =
black/white, 1 = Grey Scale

HIGH_LINE_PREC    equ    0    ; 0
= low line precision, 1 = high line
precision

LEFT_LINE_MASK_ADDR    equ
$200  ; MUST be $xx00 (page aligned)
RIGHT_LINE_MASK_ADDR    equ
$300  ; MUST be $xx00 (page aligned)
SinTable        equ     $04
CosTable        equ     $05
ZDivTable       equ     $06

      INCLUDE "hardware.inc"

;SpriteRoutine EQU $ff80

;ToggleRoutine EQU $ff90
;FatDelay      EQU ToggleRoutine+2

      SECTION "Low Ram",BSS

SrnBuffer       ds      $1680
SpriteTable     ds      160
dd              dw
Color           db
RandomSeed      db
StartDMA        db
DMAState        db
PointerY        db
EnableAPA       db
DMAFlag         db

; High RAM assignments

GeneralHRAM equ     $ff90
TriangleHRAM equ    $ffb0

      RSSET   GeneralHRAM

x1      RB      1
y1      RB      1
x2      RB      1
y2      RB      1
x3      RB      1
y3      RB      1
delde   RB      2
delse   RB      2
talllf  RB      1
leftlf  RB      1
tempx1  RB      1
tempy1  RB      1
tempx2  RB      1
tempy2  RB      1

      SECTION "Org $0",HOME

; Data required by point plot routine.

      DB
$80,$40,$20,$10,$8,$4,$2,$1

      SECTION "Org
$40",HOME[$40]     ; VBlank int
      jp      vblank_int

      SECTION "Org
$48",HOME[$48]     ; LCDC status int

      jp      lcdc_int

lcdc_int:
      push    af
      ld      a,[DMAState]
      cp      2       ; dma done?
      jr      nz,.skip2
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        ld      a,[$ff55]
        ld      [DMAFlag],a
.skip2:

        lcd_WaitVRAM2

        ld      a,[EnableAPA]
        or      a               ; Is APA
enabled?
        jr      z,.skip         ; no

;       ld      a,[rLCDC]       ; Set BG
Tiles = $8800-$97ff
;       res     4,a
;       ld      [rLCDC],a
.skip:

        pop     af
        reti

        SECTION "Org
$100",HOME[$100]

;*** Beginning of rom execution point
***

        nop
        jp      begin

        NINTENDO_LOGO           ;
Nintendo graphic logo

;Rom Header Info

;   0123456789ABCDE
 DB "APA DEMO - JEFF"    ; Cart
name  16bytes
 DB $80                  ; GBC=$80
 DB 0,0,0
 DB CART_ROM             ; Cart
type
 DB CART_ROM_256K        ;
ROM Size (in bits)
 DB CART_RAM_NONE        ;
RAM Size (in bits)
 DB 1,1
 DB 0
 DB $e2                  ; Complement
check (important)
 DW $c40e                ; Checksum
(not important)

; Library Includes

        INCLUDE "vblank.asm"
        INCLUDE "keypad.asm"
        INCLUDE "memory1.asm"
        INCLUDE "linexor.asm"
        INCLUDE "lineblk.asm"
        INCLUDE "linewht.asm"
        INCLUDE "linelite.asm"
        INCLUDE "linedark.asm"
        INCLUDE "fill1.asm"
        INCLUDE "ellip1.asm"
        INCLUDE "tri1.asm"
        INCLUDE "cls1.asm"
        INCLUDE "3dmath.asm"

; Demo code

        INCLUDE "hatman.asm"
        INCLUDE "hatman1.asm"
        INCLUDE "hatman2.asm"
        INCLUDE "hatman3.asm"
        INCLUDE "hatman4.asm"
        INCLUDE "hatman5.asm"
        INCLUDE "hatman6.asm"
        INCLUDE "hatman7.asm"
        INCLUDE "hatman8.asm"
        INCLUDE "hatman9.asm"
        INCLUDE "hatman10.asm"
        INCLUDE "hatman11.asm"
        INCLUDE "hatman12.asm"

NUM_ENTRIES     equ     13

;               12345678901234567890
Menu:
        db      "  GAMEBOY ECG GEN.
"
        db      "                "
        db      " 1. Normal Sinus   "
        db      " 2. Sinus Bradycar "
        db      " 3. Sinus Tachycar "
        db      " 4. Atrial Flutter "
        db      " 5. Atrial Fibrill."
        db      " 6. Ven. Tachy.    "
        db      " 7. Ven. Fibrill.  "
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
    db    " 8. ven. stand.    "
    db    " 9. Torsades de.   "
    db    "10.First AV Block  "
    db    "11.Mobitz Type1    "
    db    "12.Mobitz Type2    "
    db    "13.Third AV Block  "
    db    "                   "
    db    "                   "
    db    "        KMITL.     "
    db    "                   "

JumpTable:
    dw    DrawPerson
    dw    DrawPerson1
    dw    DrawPerson2
    dw    DrawPerson3
    dw    DrawPerson4
    dw    DrawPerson5
    dw    DrawPerson6
    dw    DrawPerson7
    dw    DrawPerson8
    dw    DrawPerson9
    dw    DrawPerson10
    dw    DrawPerson11
    dw    DrawPerson12

; Data table used by triangle render
code

    SECTION "Main #1",
HOME[LEFT_LINE_MASK_ADDR]
    DB    $ff,$7f,$3f,$1f,$f,$7,$3,$1

; Data table used by triangle render
code

    SECTION "Main #2",
HOME[RIGHT_LINE_MASK_ADD
R]
    DB
$80,$c0,$e0,$f0,$f8,$fc,$fe,$ff

    SECTION "Main #3",
HOME[$400]
    INCLUDE "sin.asm"

    SECTION "Main #4",
HOME[$500]
    INCLUDE "cos.asm"

    SECTION "Main #5",
HOME[$600]
    INCLUDE "zdiv.asm"

    SECTION "Main Code",HOME
begin:
    di

    ld    sp,$ffff

    cp    $11             ; Is it a
GBC?
    call  z,ToggleCPUSpeed    ;
Yes

    ld    a,0
    ld    [rIE],a     ;disable
interrupts
    ld    [rIF],a

    call  ScreenOff

    ld    a,$e4
    ld    [rBGP],a    ; Setup default
background colors
    ld    [rOBP0],a   ; Setup default
sprite colors
    ld    [rOBP1],a   ; Setup default
sprite colors

    call  FillCGBAttrPage1
    call  FillCGBAttrPage2

    ld    hl,$8000
    call  ClearTiles  ; Clear the
chrset at $8000

if RENDER_TO_VRAM
else
    ld    hl,$c000
    call  ClearTiles  ; Clear the
chrset at NON_VIDEO_RAM
endc

    call  SetAPATileMap1  ; Move
the text to $9800
    call  SetAPATileMap2  ; Move
the text to $9c00
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        ld    hl,DefaultCGBPalettes
        call  SetCGB_OBJP
        ld    hl,DefaultCGBPalettes
        call  SetCGB_BGP

        ld    a,72      ; set line at which
lcdc interrupt occurs
        ld    [rLYC],a

        ld    a,%01000000    ; set lcdc
int to occur when LY = LCY
        ld    [rSTAT],a

        xor   a
        ld    [rSCX],a
        ld    [rSCY],a

        ld    hl,$c000
        ld    bc,$2000
        xor   a
        call  mem_Set

        ld    hl,Menu
        ld    de,$9800
        call  Copy20x18

        ld    hl,Font
        ld    de,$8000+(16*32)
        ld    bc,$800
        call  mem_Copy

        ld
a,LCDCF_ON|LCDCF_BG8000|LCD
CF_BG9800|LCDCF_BGON
        ld    [rLCDC],a      ; Turn
screen on

        ld    a,2+1
        ld    [rIE],a
        ei

        call  DrawPointer

;       jp    DrawPerson

; *** User input main loop ***

WaitOnUser:

        call  pad_Read

        ld    a,[_PadDataEdge]
        bit   PADB_UP,a          ; Up
pressed?
        jp    nz,.up             ; yes
        bit   PADB_DOWN,a        ;
Down pressed?
        jp    nz,.down           ; yes
        bit   PADB_A,a           ; A
pressed?
        jp    nz,.execute        ; yes
        bit   PADB_B,a           ; B
pressed?
        jp    nz,.execute        ; yes

        jr    WaitOnUser

.down:
        ld    a,[PointerY]
        inc   a
        cp    NUM_ENTRIES        ;
Down too far?
        jr    c,.nowrap1         ; no

        xor   a
.nowrap1:
        ld    [PointerY],a

        call  DrawPointer
        jr    WaitOnUser

.up:
        ld    a,[PointerY]
        or    a                  ; Up too far?
        jr    nz,.nowrap2        ; no

        ld    a,NUM_ENTRIES
.nowrap2:
        dec   a
        jr    .nowrap1

.execute:
; Clear the screen

        call  ScreenOff

        ld    a,1
        ld    [EnableAPA],a  ; Enable
Midscreen chrset switch
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
    call    SetAPATileMap1  ; Move
the text to $9800

    ld      hl,$8000
    call    ClearTiles      ; Clear the
chrset at $8000

    ld
a,LCDCF_ON|LCDCF_BG8000|LCD
CF_BG9800|LCDCF_BGON
    ld      [rLCDC],a       ; Turn screen
on

; Jump to code

    ld      a,[PointerY]
    add     a
    ld      e,a
    ld      d,0
    ld      hl,JumpTable
    add     hl,de
    ld      a,[hl+]
    ld      h,[hl]
    ld      l,a
    jp      [hl]

DrawPointer:

; Erase old pointer

    ld      hl,$9800+(2*32)
    ld      b,18
.loop1:
    lcd_WaitVRAM

    ld      a,32
    ld      [hl+],a
    ld      [hl-],a

    ld      de,32
    add     hl,de

    dec     b
    jr      nz,.loop1

; Draw new pointer

    ld      a,[PointerY]
    ld      l,a
    ld      h,0
    add     hl,hl
    add     hl,hl
    add     hl,hl
    add     hl,hl
    add     hl,hl
    ld      de,$9800+(2*32)
    add     hl,de

    lcd_WaitVRAM

    ld      [hl],"-"
    inc     hl
    ld      [hl],">"
    ret

DrawLine:
    ld      a,[Color]
    or      a
    jp      z,WhiteLine
    dec     a
    jp      z,LightLine
    dec     a
    jp      z,DarkLine
    dec     a
    jp      z,BlackLine
    jp      XorLine

DrawPoint:

; *** Return color of point B,C ***
; Entry: B = X Coordinate
;        C = Y Coordinate
; Exit:  A = 0 - 3 color

PntTest:
    push    bc
    push    de
    push    hl
    call    CalcPntAddr

    ld      c,0
if RENDER_TO_VRAM
    di
    lcd_WaitVRAM2
endc

    ld      a,[de]
if RENDER_TO_VRAM
    ei
endc
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
    and   b
    jr    z,.skip1
    inc   c
.skip1:
    inc   de

if RENDER_TO_VRAM
    di
    lcd_WaitVRAM2
endc

    ld    a,[de]
if RENDER_TO_VRAM
    ei
endc
    and   b
    jr    z,.skip2
    inc   c
    inc   c
.skip2:
    ld    a,c
    pop   hl
    pop   de
    pop   bc
    ret


; *** Calculate address of a pixel on
the screen ***
; Entry: B = X Coordinate
;       C = Y Coordinate
; Exit:  DE = Address
;       B = Bit set mask
;       C = Bit reset mask

CalcPntAddr:

if RENDER_TO_VRAM
else
    set   6,d
endc

    and   7             ; b = Bitmask[b
& 7]
    ld    l,a
    ld    h,0
    ld    a,[hl]
    ld    b,a
    cpl
    ld    c,a
    ret

PntXor:
if RENDER_TO_VRAM
    di
    lcd_WaitVRAM2
endc

    ld    a,[de]
    xor   b
    ld    [de],a

    inc   de

    ld    a,[de]
    xor   b
    ld    [de],a

if RENDER_TO_VRAM
    ei
endc

    ret

; *** Clear all APA tiles to $00 ***
; Entry: HL = Address of Tiles

ClearTiles:
    ld    d,0
    ld    e,23
    xor   a
.loop:
    ld    [hl+],a
    dec   d
    jr    nz,.loop
    dec   e
    jr    nz,.loop
    ld    a,1
    ld    [rVBK],a

    call  SetLastTiles

    xor   a
    ld    [rVBK],a

    call  SetLastTiles

    ret

SetLastTiles:
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        ld      hl,$8ff0
        ld      [hl],$55
        inc     hl
        ld      [hl],$55
        inc     hl
        ld      [hl],$aa
        inc     hl
        ld      [hl],$aa
       inc     hl
        ld      [hl],$55
        inc     hl
        ld      [hl],$55
        inc     hl
        ld      [hl],$aa
        inc     hl
        ld      [hl],$aa
        inc     hl
        ld      [hl],$55
        inc     hl
       ld      [hl],$55
        inc     hl
        ld      [hl],$aa
        inc     hl
        ld      [hl],$aa
        inc     hl
        ld      [hl],$55
        inc     hl
        ld      [hl],$55
        inc     hl
        ld      [hl],$aa
        inc     hl
        ld      [hl],$aa

        ret

; *** Fill screen with APA tiles ***

SetAPATileMap1:
        ld      hl,_SCRN0+2
        jr      _initscrn

SetAPATileMap2:
        ld      hl,_SCRN1+2
_initscrn:
        call    .filledges
        xor     a

        ld      bc,32
        ld      e,16
.loop1:
        push    hl

        ld      d,15
.loop2:
        ld      [hl],a
        inc     a
        add     hl,bc

        dec     d
        jr      nz,.loop2

        inc     a

        ld      [hl],$ff
        add     hl,bc
        ld      [hl],$ff
        add     hl,bc
        ld      [hl],$ff

        pop     hl

        inc     hl

        dec     e
        jr      nz,.loop1

        ret

.filledges:
        push    hl
        dec     hl
        dec     hl
        call    .fillcol
        inc     hl
        call    .fillcol
        ld      bc,17
        add     hl,bc
        call    .fillcol
        inc     hl
        call    .fillcol
        pop     hl
        ret

.fillcol:
        push    hl

        ld      a,18
        ld      bc,32
.loop5:
        ld      [hl],$ff
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
    add    hl,bc

    dec    a
    jr     nz,.loop5

    pop    hl
    ret

; *** Turn screen off ***

ScreenOff:
    ld     hl,rLCDC
    bit    7,[hl]        ; Is LCD already
off?
    ret    z             ; yes, exit

    ld     a,[rIE]
    push   af
    res    0,a
    ld     [rIE],a       ; Disable vblank
interrupt if enabled

.loop:  ld     a,[rLY]       ; Loop until
in first part of vblank
    cp     145
    jr     nz,.loop

    res    7,[hl]        ; Turn the
screen off

    pop    af
    ld     [rIE],a       ; Restore the
state of vblank interrupt
    ret

; *** Set background palettes ***
; Entry: HL = Pointer to BG palettes

SetCGB_BGP:
    ld     a,$80
    ld     [rBCPS],a

    ld     bc,$4069      ; b = 64, c =
$69
.loop:
    ld     a,[hl+]
    ld     [c],a
    dec    b
    jr     nz,.loop

    ret

; *** Set Object palettes ***
; Entry: HL = Pointer to OBJ (sprite)
palettes

SetCGB_OBJP:

    ld     a,$80
    ld     [rOCPS],a

    ld     bc,$406b      ; b = 64, c =
$69
.loop:
    ld     a,[hl+]
    ld     [c],a
    dec    b
    jr     nz,.loop

    ret

; *** Fill GBC Attribute memory ***

FillCGBAttrPage1:
    ld     hl,_SCRN0
    ld     c,$0
    jr     _FillCGBAP

FillCGBAttrPage2:
    ld     hl,_SCRN1
    ld     c,$8

_FillCGBAP:
    ld     a,1
    ld     [rVBK],a

    ld     a,c
.memc0:
    ld     b,18
.memc1:

    ld     c,20
.memc2:
    ld     [hl+],a

    dec    c
    jr     nz,.memc2

    ld     de,12
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        add     hl,de

        dec     b
        jr      nz,.memc1

        xor     a
        ld      [rVBK],a

        ret

; *** Setup GBC Attribute memory
with map ***

SetCGBAttrMap1:
        ld      de,_SCRN0+2
        ld      c,0
        jr      _SetAttrMp

SetCGBAttrMap2:
        ld      de,_SCRN1+2
        ld      c,8

_SetAttrMp:
        ld      a,1
        ld      [rVBK],a

.memc0:
        ld      b,8  ;10
.memc1:
        push    bc

        push    hl
        push    de

; Do left nybble
        ld      b,15 ;18
.memc2:

; Do right nybble
        ld      b,15 ;18
.memc3:
        ld      a,[hl]
        and     $f
        or      c
        ld      [de],a

        push    hl
        ld      hl,32
        add     hl,de
        ld      d,h
        ld      e,l
        pop     hl

        push    de
        ld      de,8  ;10
        add     hl,de
        pop     de

        dec     b
        jr      nz,.memc3

        pop     de
        pop     hl
        inc     hl
        inc     de
        pop     bc

        dec     b
        jr      nz,.memc1

        xor     a
        ld      [rVBK],a
        ret

; Copy char map to screen
; Entry: HL = map in rom
;        DE = Screen Addr

Copy20x18:
        ld      b,18
Copy20xB:
        ld      c,20
.loop:
        ld      a,[hl+]
        ld      [de],a
        inc     de
        dec     c
        jr      nz,.loop

        push    hl
        ld      hl,12
        add     hl,de
        ld      d,h
        ld      e,l
        pop     hl
        dec     b
        jr      nz,Copy20xB
        ret

ToggleCPUSpeed:
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        di
        ld      hl,rIE
        ld      a,[hl]
        push    af

        xor     a
        ld      [hl],a      ;disable
interrupts
        ld      [rIF],a

        ld      a,$30
        ld      [rP1],a
        ld      a,1
        ld      [rKEY1],a

        stop

        pop     af
        ld      [hl],a

        ei
        ret

Randomize:
; Increase randomness of random
number generator

        ld      a,[rLY]
        ld      b,a
        ld      a,[rDIV]
        ld      c,a
        ld      a,[RandomSeed]
;       add     b
        add     c
        add     c
        add     c
        add     c
        ld      [RandomSeed],a
        ret

RandomFrom0To63:
        call    RandomNumber
        and     $3f
        ret

RandomFrom0To127:
        call    RandomNumber
        and     $7f
        ret

RandomFrom0To159:
        call    RandomNumber
        cp      160
        jr      nc,RandomFrom0To159
        ret

RandomFrom0To143:
        call    RandomNumber
        cp      144
        jr      nc,RandomFrom0To143
        ret

RandomNumber:

      push      hl
        ld      hl,RandomSeed
        inc     [hl]
        ld      a,[hl]

        ld hl,.table
        add     l
        ld      l,a
        jr      nc,.nocarry
        inc     h
.nocarry:

        ld  a,[hl]
;       and     $7f
        pop     hl
        ret
.table

DefaultCGBPalettes:

        RGBSet  255,255,255     ; White
        RGBSet  255,255,0       ; Yellow
        RGBSet  255,0,0         ; Red
        RGBSet  0,0,0           ; Black

; Y offset table used by point drawing
routines.

;YTable:

        SECTION "Font Data", DATA

Font:
        incbin  "font.til"
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
    SECTION "Pattern Data",
DATA[$4000]

; Street tree pattern
Patterns:
;end
```


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Features

- Fast Read Access Time - 150 ns
- Automatic Page Write Operation
  - Internal Address and Data Latches for 64 Bytes
  - Internal Control Timer
- Fast Write Cycle Times
  - Page Write Cycle Time: 3 ms or 10 ms Maximum
  - 1 to 64-Byte Page Write Operation
- Low Power Dissipation
  - 50 mA Active Current
  - 200 µA CMOS Standby Current
- Hardware and Software Data Protection
- $\overline{\text{DATA}}$ Polling for End of Write Detection
- High Reliability CMOS Technology
  - Endurance: 10^4 or 10^5 Cycles
  - Data Retention: 10 Years
- Single 5V ± 10% Supply
- CMOS and TTL Compatible Inputs and Outputs
- JEDEC Approved Byte-Wide Pinout
- Full Military, Commercial, and Industrial Temperature Ranges

256K (32K x 8) Paged Parallel EEPROMs

AT28C256

Description

The AT28C256 is a high-performance Electrically Erasable and Programmable Read Only Memory. Its 256K of memory is organized as 32,768 words by 8 bits. Manufactured with Atmel's advanced nonvolatile CMOS technology, the device offers access times to 150 ns with power dissipation of just 440 mW. When the device is deselected, the CMOS standby current is less than 200 µA.

(continued)

Pin Configurations

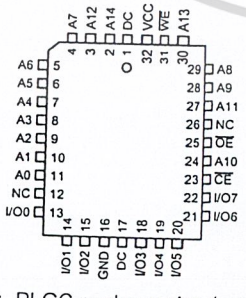
Pin Name	Function
A0 - A14	Addresses
$\overline{\text{CE}}$	Chip Enable
$\overline{\text{OE}}$	Output Enable
$\overline{\text{WE}}$	Write Enable
I/O0 - I/O7	Data Inputs/Outputs
NC	No Connect
DC	Don't Connect

TSOP
Top View

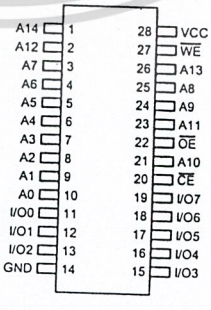
PGA
Top View

4 A6	3 A7	1 A14	27 $\overline{\text{WE}}$	26 A13
5 A5	2 A12	28 VCC	24 A9	25 A8
7 A3	6 A4		22 $\overline{\text{OE}}$	23 A11
9 A1	8 A2		20 $\overline{\text{CE}}$	21 A10
11 I/O0	10 A0	14 GND	16 I/O4	19 I/O7
12 I/O1	13 I/O2	15 I/O3	17 I/O5	18 I/O6

LCC, PLCC
Top View



CERDIP, PDIP, FLATPACK, SOIC — Top View



Note: PLCC package pins 1 and 17 are DON'T CONNECT.

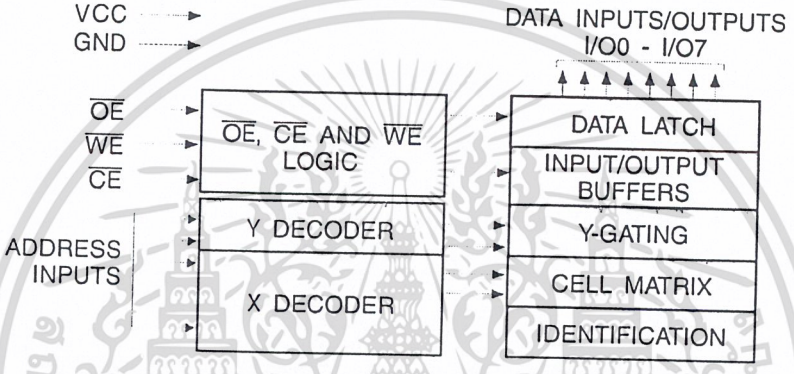
Rev. 0006G–10/98

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

The AT28C256 is accessed like a Static RAM for the read or write cycle without the need for external components. The device contains a 64-byte page register to allow writing of up to 64 bytes simultaneously. During a write cycle, the addresses and 1 to 64 bytes of data are internally latched, freeing the address and data bus for other operations. Following the initiation of a write cycle, the device will automatically write the latched data using an internal control timer. The end of a write cycle can be detected by $\overline{\text{DATA}}$ POLLING of I/O_7. Once the end of a write cycle has been detected a new access for a read or write can begin.

Atmel's 28C256 has additional features to ensure high quality and manufacturability. The device utilizes internal error correction for extended endurance and improved data retention characteristics. An optional software data protection mechanism is available to guard against inadvertent writes. The device also includes an extra 64 bytes of EEPROM for device identification or tracking.

Block Diagram



Absolute Maximum Ratings*

Temperature Under Bias	-55°C to +125°C
Storage Temperature	-65°C to +150°C
All Input Voltages (including NC Pins) with Respect to Ground	-0.6V to +6.25V
All Output Voltages with Respect to Ground	-0.6V to V_{CC} + 0.6V
Voltage on $\overline{\text{OE}}$ and A9 with Respect to Ground	-0.6V to +13.5V

*NOTICE: Stresses beyond those listed under "Absolute Maximum Ratings" may cause permanent damage to the device. This is a stress rating only and functional operation of the device at these or any other conditions beyond those indicated in the operational sections of this specification is not implied. Exposure to absolute maximum rating conditions for extended periods may affect device reliability

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Device Operation

READ: The AT28C256 is accessed like a Static RAM. When $\overline{CE}$ and $\overline{OE}$ are low and $\overline{WE}$ is high, the data stored at the memory location determined by the address pins is asserted on the outputs. The outputs are put in the high impedance state when either $\overline{CE}$ or $\overline{OE}$ is high. This dual-line control gives designers flexibility in preventing bus contention in their system.

BYTE WRITE: A low pulse on the $\overline{WE}$ or $\overline{CE}$ input with $\overline{CE}$ or $\overline{WE}$ low (respectively) and $\overline{OE}$ high initiates a write cycle. The address is latched on the falling edge of $\overline{CE}$ or $\overline{WE}$, whichever occurs last. The data is latched by the first rising edge of $\overline{CE}$ or $\overline{WE}$. Once a byte write has been started it will automatically time itself to completion. Once a programming operation has been initiated and for the duration of t_{WC}, a read operation will effectively be a polling operation.

PAGE WRITE: The page write operation of the AT28C256 allows 1 to 64 bytes of data to be written into the device during a single internal programming period. A page write operation is initiated in the same manner as a byte write; the first byte written can then be followed by 1 to 63 additional bytes. Each successive byte must be written within 150 µs (t_{BLC}) of the previous byte. If the t_{BLC} limit is exceeded the AT28C256 will cease accepting data and commence the internal programming operation. All bytes during a page write operation must reside on the same page as defined by the state of the A6 - A14 inputs. For each $\overline{WE}$ high to low transition during the page write operation, A6 - A14 must be the same.

The A0 to A5 inputs are used to specify which bytes within the page are to be written. The bytes may be loaded in any order and may be altered within the same load period. Only bytes which are specified for writing will be written; unnecessary cycling of other bytes within the page does not occur.

$\overline{DATA}$ POLLING: The AT28C256 features $\overline{DATA}$ Polling to indicate the end of a write cycle. During a byte or page write cycle an attempted read of the last byte written will result in the complement of the written data to be presented on I/O_7. Once the write cycle has been completed, true data is valid on all outputs, and the next write cycle may begin. $\overline{DATA}$ Polling may begin at anytime during the write cycle.

TOGGLE BIT: In addition to $\overline{DATA}$ Polling the AT28C256 provides another method for determining the end of a write cycle. During the write operation, successive attempts to read data from the device will result in I/O_6 toggling between one and zero. Once the write has completed, I/O_6 will stop toggling and valid data will be read. Reading the toggle bit may begin at any time during the write cycle.

DATA PROTECTION: If precautions are not taken, inadvertent writes may occur during transitions of the host system power supply. Atmel has incorporated both hardware and software features that will protect the memory against inadvertent writes.

HARDWARE PROTECTION: Hardware features protect against inadvertent writes to the AT28C256 in the following ways: (a) V_{CC} sense—if V_{CC} is below 3.8V (typical) the write function is inhibited; (b) V_{CC} power-on delay—once V_{CC} has reached 3.8V the device will automatically time out 5 ms (typical) before allowing a write; (c) write inhibit—holding any one of $\overline{OE}$ low, $\overline{CE}$ high or $\overline{WE}$ high inhibits write cycles; and (d) noise filter—pulses of less than 15 ns (typical) on the $\overline{WE}$ or $\overline{CE}$ inputs will not initiate a write cycle.

SOFTWARE DATA PROTECTION: A software controlled data protection feature has been implemented on the AT28C256. When enabled, the software data protection (SDP), will prevent inadvertent writes. The SDP feature may be enabled or disabled by the user; the AT28C256 is shipped from Atmel with SDP disabled.

SDP is enabled by the host system issuing a series of three write commands; three specific bytes of data are written to three specific addresses (refer to Software Data Protection Algorithm). After writing the 3-byte command sequence and after t_{WC} the entire AT28C256 will be protected against inadvertent write operations. It should be noted, that once protected the host may still perform a byte or page write to the AT28C256. This is done by preceding the data to be written by the same 3-byte command sequence used to enable SDP.

Once set, SDP will remain active unless the disable command sequence is issued. Power transitions do not disable SDP and SDP will protect the AT28C256 during power-up and power-down conditions. All command sequences must conform to the page write timing specifications. The data in the enable and disable command sequences is not written to the device and the memory addresses used in the sequence may be written with data in either a byte or page write operation.

After setting SDP, any attempt to write to the device without the 3-byte command sequence will start the internal write timers. No data will be written to the device; however, for the duration of t_{WC}, read operations will effectively be polling operations.

DEVICE IDENTIFICATION: An extra 64 bytes of EEPROM memory are available to the user for device identification. By raising A9 to 12V ± 0.5V and using address locations 7FC0H to 7FFFH the additional bytes may be written to or read from in the same manner as the regular memory array.

OPTIONAL CHIP ERASE MODE: The entire device can be erased using a 6-byte software code. Please see Software Chip Erase application note for details.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

DC and AC Operating Range

		AT28C256-15	AT28C256-20	AT28C256-25	AT28C256-35
Operating Temperature (Case)	Com.	0°C - 70°C	0°C - 70°C	0°C - 70°C	
	Ind.	-40°C - 85°C	-40°C - 85°C	-40°C - 85°C	
	Mil.	-55°C - 125°C	-55°C - 125°C	-55°C - 125°C	-55°C - 125°C
V_{CC} Power Supply		5V ± 10%	5V ± 10%	5V ± 10%	5V ± 10%

Operating Modes

Mode	$\overline{CE}$	$\overline{OE}$	$\overline{WE}$	I/O
Read	V_{IL}	V_{IL}	V_{IH}	D_{OUT}
Write[2]	V_{IL}	V_{IH}	V_{IL}	D_{IN}
Standby/Write Inhibit	V_{IH}	X[1]	X	High Z
Write Inhibit	X	X	V_{IH}	
Write Inhibit	X	V_{IL}	X	
Output Disable	X	V_{IH}	X	High Z
Chip Erase	V_{IL}	V_H[3]	V_{IL}	High Z

Notes: 1. X can be V_{IL} or V_{IH}.
2. Refer to AC Programming Waveforms.
3. $V_H = 12.0V \pm 0.5V$.

DC Characteristics

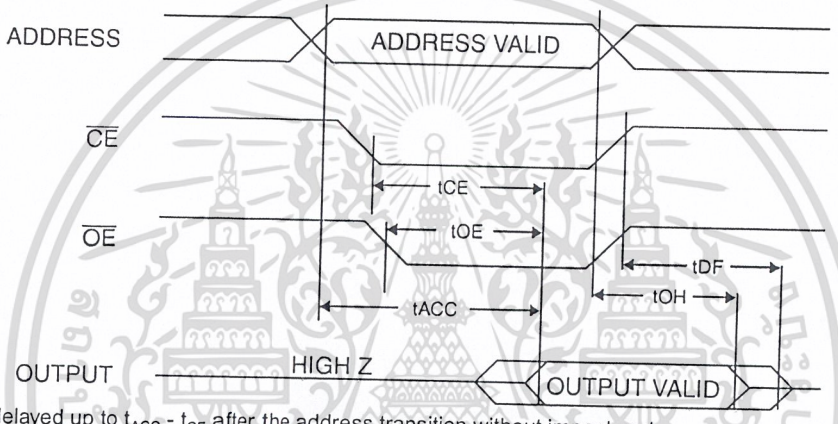
Symbol	Parameter	Condition		Min	Max	Units
I_{LI}	Input Load Current	V_{IN} = 0V to V_{CC} + 1V			10	µA
I_{LO}	Output Leakage Current	$V_{I/O}$ = 0V to V_{CC}			10	µA
I_{SB1}	V_{CC} Standby Current CMOS	$\overline{CE}$ = V_{CC} - 0.3V to V_{CC} + 1V	Com., Ind.		200	µA
			Mil.		300	µA
I_{SB2}	V_{CC} Standby Current TTL	$\overline{CE}$ = 2.0V to V_{CC} + 1V			3	mA
I_{CC}	V_{CC} Active Current	f = 5 MHz; I_{OUT} = 0 mA			50	mA
V_{IL}	Input Low Voltage				0.8	V
V_{IH}	Input High Voltage			2.0		V
V_{OL}	Output Low Voltage	I_{OL} = 2.1 mA			0.45	V
V_{OH}	Output High Voltage	I_{OH} = -400 µA		2.4		V

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

AC Read Characteristics

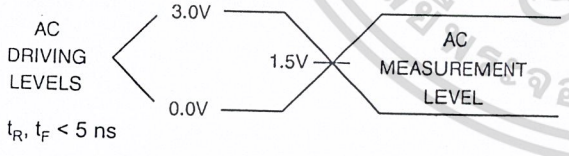
Symbol	Parameter	AT28C256-15		AT28C256-20		AT28C256-25		AT28C256-35		Units
		Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	
t_{ACC}	Address to Output Delay		150		200		250		350	ns
t_{CE}[1]	$\overline{CE}$ to Output Delay		150		200		250		350	ns
t_{OE}[2]	$\overline{OE}$ to Output Delay	0	70	0	80	0	100	0	100	ns
t_{DF}[3][4]	$\overline{CE}$ or $\overline{OE}$ to Output Float	0	50	0	55	0	60	0	70	ns
t_{OH}	Output Hold from $\overline{OE}$, $\overline{CE}$ or Address, whichever occurred first	0		0		0		0		ns

AC Read Waveforms[1][2][3][4]

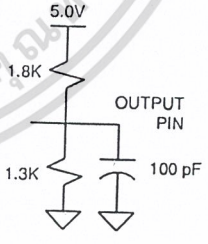


Notes:
1. $\overline{CE}$ may be delayed up to $t_{ACC} - t_{CE}$ after the address transition without impact on t_{ACC}.
2. $\overline{OE}$ may be delayed up to $t_{CE} - t_{OE}$ after the falling edge of $\overline{CE}$ without impact on t_{CE} or by $t_{ACC} - t_{OE}$ after an address change without impact on t_{ACC}.
3. t_{DF} is specified from $\overline{OE}$ or $\overline{CE}$ whichever occurs first (C_L = 5 pF).
4. This parameter is characterized and is not 100% tested.

Input Test Waveforms and Measurement Level



Output Test Load



Pin Capacitance

f = 1 MHz, T = 25°C[1]

Symbol	Typ	Max	Units	Conditions
C_{IN}	4	6	pF	V_{IN} = 0V
C_{OUT}	8	12	pF	V_{OUT} = 0V

Note: 1. This parameter is characterized and is not 100% tested.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

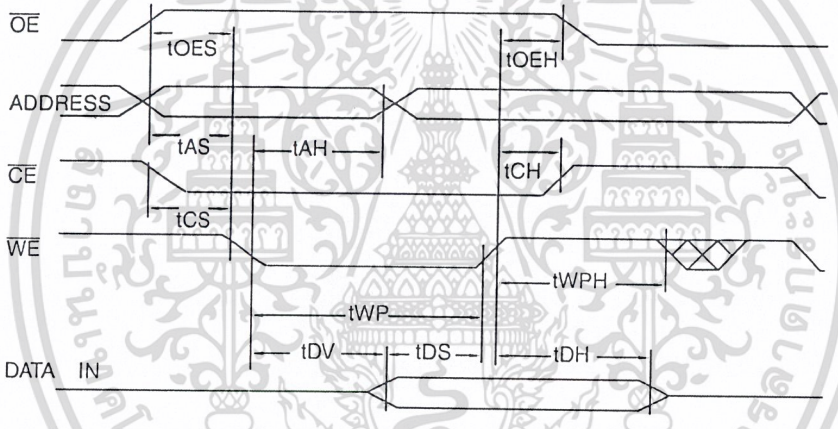
AC Write Characteristics

Symbol	Parameter	Min	Max	Units
t_{AS}, t_{OES}	Address, $\overline{OE}$ Set-up Time	0		ns
t_{AH}	Address Hold Time	50		ns
t_{CS}	Chip Select Set-up Time	0		ns
t_{CH}	Chip Select Hold Time	0		ns
t_{WP}	Write Pulse Width ($\overline{WE}$ or $\overline{CE}$)	100		ns
t_{DS}	Data Set-up Time	50		ns
t_{DH}, t_{OEH}	Data, $\overline{OE}$ Hold Time	0		ns
t_{DV}	Time to Data Valid	NR(1)		

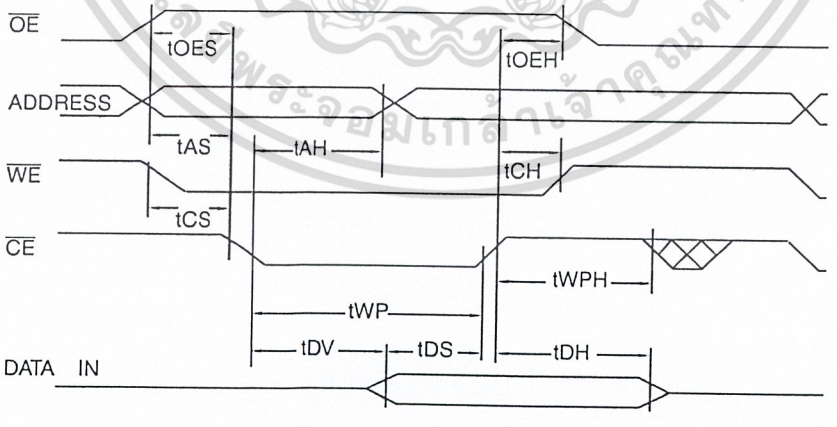
Note: 1. NR = No Restriction

AC Write Waveforms

$\overline{WE}$ Controlled



$\overline{CE}$ Controlled

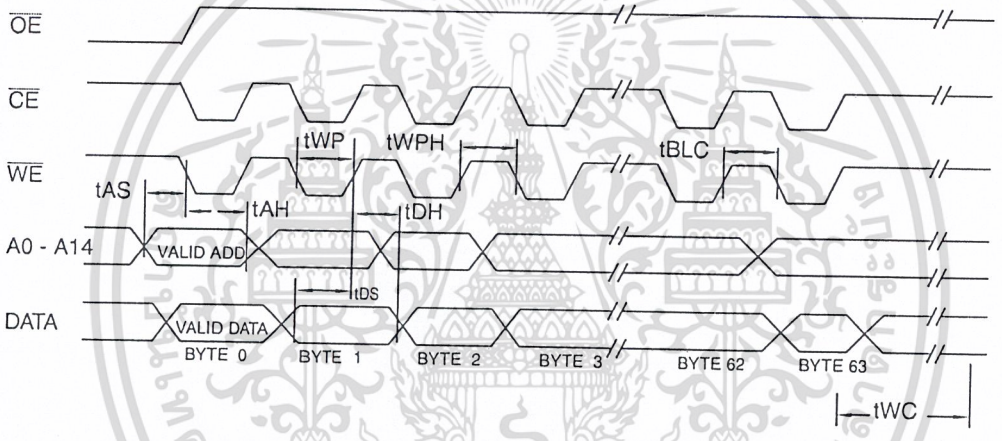


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Page Mode Characteristics

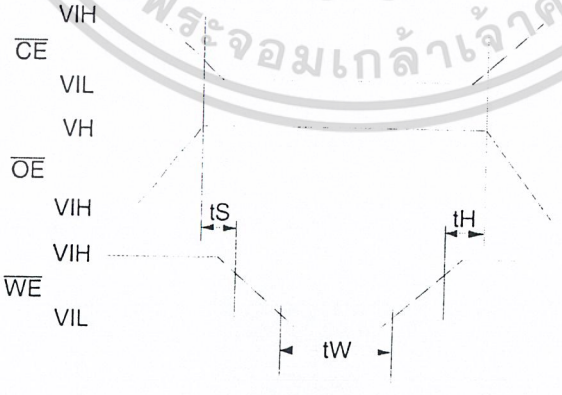
Symbol	Parameter		Min	Max	Units
t_{WC}	Write Cycle Time	AT28C256		10	ms
		AT28C256F		3.0	ms
t_{AS}	Address Set-up Time		0		ns
t_{AH}	Address Hold Time		50		ns
t_{DS}	Data Set-up Time		50		ns
t_{DH}	Data Hold Time		0		ns
t_{WP}	Write Pulse Width		100		ns
t_{BLC}	Byte Load Cycle Time			150	µs
t_{WPH}	Write Pulse Width High		50		ns

Page Mode Write Waveforms(1)(2)



Notes:
1. A6 through A14 must specify the same page address during each high to low transition of $\overline{WE}$ (or $\overline{CE}$).
2. $\overline{OE}$ must be high only when $\overline{WE}$ and $\overline{CE}$ are both low.

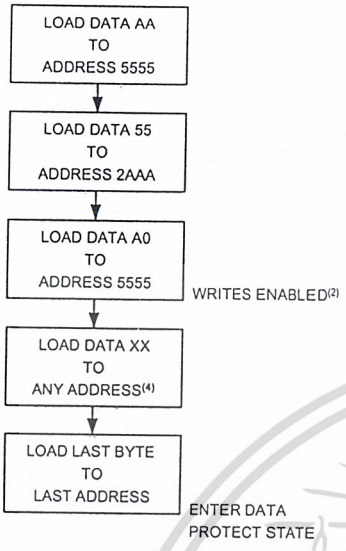
Chip Erase Waveforms



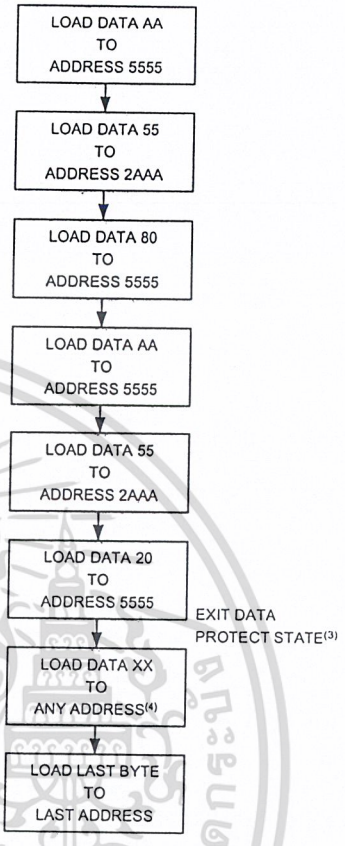
$t_S = t_H = 5$ µsec (min.)
$t_W = 10$ msec (min.)
$V_H = 12.0V \pm 0.5V$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Software Data Protection Enable Algorithm[1]



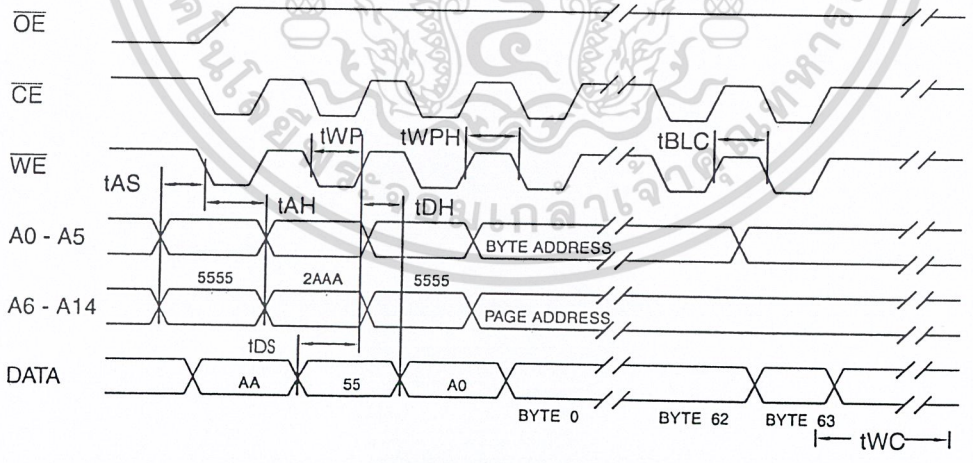
Software Data Protection Disable Algorithm[1]



Notes for software program code:

1. Data Format: I/O7 - I/O0 (Hex);
   Address Format: A14 - A0 (Hex).
2. Write Protect state will be activated at end of write even if no other data is loaded.
3. Write Protect state will be deactivated at end of write period even if no other data is loaded.
4. 1 to 64 bytes of data are loaded.

Software Protected Write Cycle Waveforms[1][2]



Notes: 1. A6 through A14 must specify the same page address during each high to low transition of $\overline{WE}$ (or $\overline{CE}$) after the software code has been entered.

2. $\overline{OE}$ must be high only when $\overline{WE}$ and $\overline{CE}$ are both low.

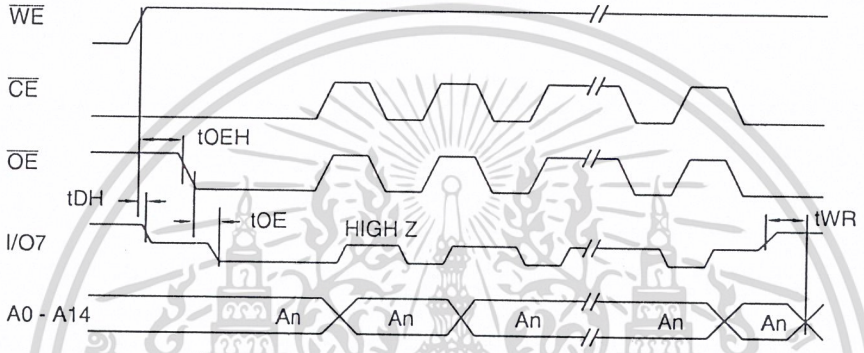
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$\overline{\text{Data}}$ Polling Characteristics[1]

Symbol	Parameter	Min	Typ	Max	Units
t_{DH}	Data Hold Time	0			ns
t_{OEH}	$\overline{OE}$ Hold Time	0			ns
t_{OE}	$\overline{OE}$ to Output Delay[2]				ns
t_{WR}	Write Recovery Time	0			ns

Notes: 1. These parameters are characterized and not 100% tested.
2. See AC Read Characteristics.

$\overline{\text{Data}}$ Polling Waveforms

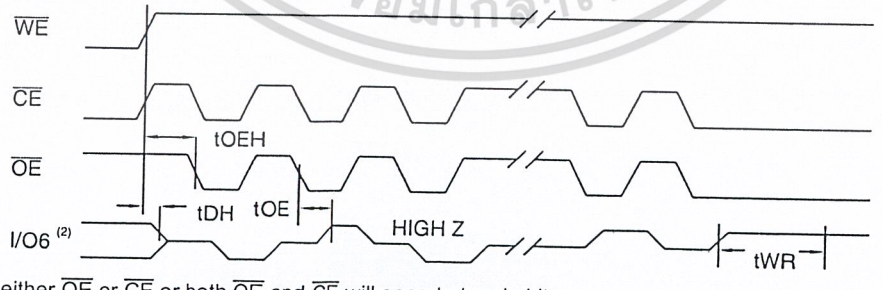


Toggle Bit Characteristics[1]

Symbol	Parameter	Min	Typ	Max	Units
t_{DH}	Data Hold Time	10			ns
t_{OEH}	$\overline{OE}$ Hold Time	10			ns
t_{OE}	$\overline{OE}$ to Output Delay[2]				ns
t_{OEHP}	$\overline{OE}$ High Pulse	150			ns
t_{WR}	Write Recovery Time	0			ns

Notes: 1. These parameters are characterized and not 100% tested.
2. See AC Read Characteristics.

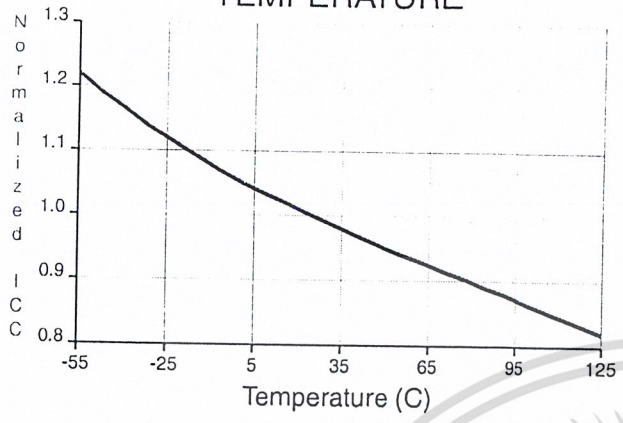
Toggle Bit Waveforms[1][2][3]



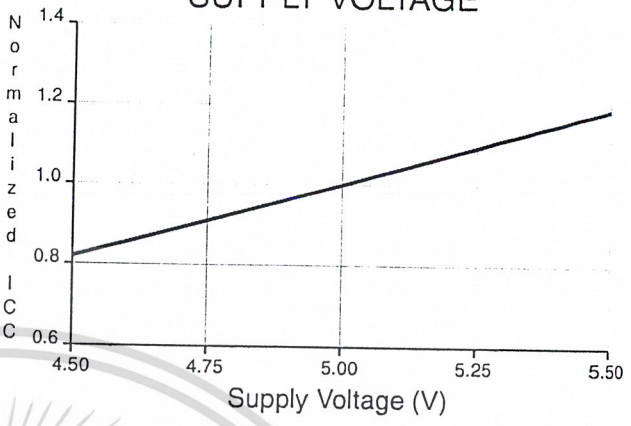
Notes: 1. Toggling either $\overline{OE}$ or $\overline{CE}$ or both $\overline{OE}$ and $\overline{CE}$ will operate toggle bit.
2. Beginning and ending state of I/O6 will vary.
3. Any address location may be used but the address should not vary.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

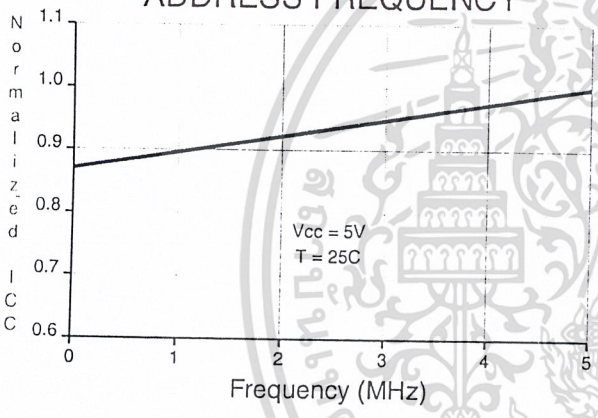
NORMALIZED SUPPLY CURRENT vs. TEMPERATURE



NORMALIZED SUPPLY CURRENT vs. SUPPLY VOLTAGE



NORMALIZED SUPPLY CURRENT vs. ADDRESS FREQUENCY



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Ordering Information[2]

t_{ACC} (ns)	I_{CC} (mA)		Ordering Code	Package	Operation Range
	Active	Standby			
150	50	0.2	AT28C256(E,F)-15JC AT28C256(E,F)-15PC AT28C256(E,F)-15SC AT28C256(E,F)-15TC	32J 28P6 28S 28T	Commercial (0°C to 70°C)
			AT28C256(E,F)-15JI AT28C256(E,F)-15PI AT28C256(E,F)-15SI AT28C256(E,F)-15TI	32J 28P6 28S 28T	Industrial (-40°C to 85°C)
	50	0.3	AT28C256(E,F)-15DM/883 AT28C256(E,F)-15FM/883 AT28C256(E,F)-15LM/883 AT28C256(E,F)-15UM/883	28D6 28F 32L 28U	Military/883C Class B, Fully Compliant (-55°C to 125°C)
200	50	0.2	AT28C256(E,F)-20JC AT28C256(E,F)-20PC AT28C256(E,F)-20SC AT28C256(E,F)-20TC	32J 28P6 28S 28T	Commercial (0°C to 70°C)
			AT28C256(E,F)-20JI AT28C256(E,F)-20PI AT28C256(E,F)-20SI AT28C256(E,F)-20TI	32J 28P6 28S 28T	Industrial (-40°C to 85°C)
	50	0.3	AT28C256(E,F)-20DM/883 AT28C256(E,F)-20FM/883 AT28C256(E,F)-20LM/883 AT28C256(E,F)-20UM/883	28D6 28F 32L 28U	Military/883C Class B, Fully Compliant (-55°C to 125°C)

Package Type	
28D6	28-Lead, 0.600" Wide, Non-Windowed, Ceramic Dual Inline Package (Cerdip)
28F	28-Lead, Non-Windowed, Ceramic Bottom-Brazed Flat Package (Flatpack)
32J	32-Lead, Plastic J-Leaded Chip Carrier (PLCC)
32L	32-Pad, Non-Windowed, Ceramic Leadless Chip Carrier (LCC)
28P6	28-Lead, 0.600" Wide, Plastic Dual Inline Package (PDIP)
28S	28-Lead, 0.300" Wide, Plastic Gull Wing Small Outline (SOIC)
28T	28-Lead, Plastic Thin Small Outline Package (TSOP)
28U	28-Pin, Ceramic Pin Grid Array (PGA)
W	Die

Options	
Blank	Standard Device: Endurance = 10K Write Cycles; Write Time = 10 ms
E	High Endurance Option: Endurance = 100K Write Cycles
F	Fast Write Option: Write Time = 3 ms

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Ordering Information[2]

t_{ACC} (ns)	I_{CC} (mA)		Ordering Code	Package	Operation Range
	Active	Standby			
250	50	0.2	AT28C256(E,F)-25JC AT28C256(E,F)-25PC AT28C256-W	32J 28P6 DIE	Commercial (0°C to 70°C)
			AT28C256(E,F)-25JI AT28C256(E,F)-25PI	32J 28P6	Industrial (-40°C to 85°C)
	50	0.3	AT28C256(E,F)-25DM/883 AT28C256(E,F)-25FM/883 AT28C256(E,F)-25LM/883 AT28C256(E,F)-25UM/883 AT28C256(E,F)-35UM/883	28D6 28F 32L 28U 28U	Military/883C Class B, Fully Compliant (-55°C to 125°C)
150[3]	50	0.35	5962-88525 16 UX 5962-88525 16 XX 5962-88525 16 YX 5962-88525 16 ZX	28U 28D6 32L 28F	Military/883C Class B, Fully Compliant (-55°C to 125°C)
			5962-88525 15 UX 5962-88525 15 XX 5962-88525 15 YX 5962-88525 15 ZX	28U 28D6 32L 28F	Military/883C Class B, Fully Compliant (-55°C to 125°C)
			5962-88525 14 UX 5962-88525 14 XX 5962-88525 14 YX 5962-88525 14 ZX	28U 28D6 32L 28F	Military/883C Class B, Fully Compliant (-55°C to 125°C)

Package Type	
28D6	28-Lead, 0.600" Wide, Non-Windowed, Ceramic Dual Inline Package (Cerdip)
28F	28-Lead, Non-Windowed, Ceramic Bottom-Brazed Flat Package (Flatpack)
32J	32-Lead, Plastic J-Leaded Chip Carrier (PLCC)
32L	32-Pad, Non-Windowed, Ceramic Leadless Chip Carrier (LCC)
28P6	28-Lead, 0.600" Wide, Plastic Dual Inline Package (PDIP)
28U	28-Pin, Ceramic Pin Grid Array (PGA)
W	Die
Options	
Blank	Standard Device: Endurance = 10K Write Cycles; Write Time = 10 ms
E	High Endurance Option: Endurance = 100K Write Cycles
F	Fast Write Option: Write Time = 3 ms

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Ordering Information[2]

t_{ACC} (ns)	I_{CC} (mA)		Ordering Code	Package	Operation Range
	Active	Standby			
150[3]	50	0.35	5962-88525 08 UX 5962-88525 08 XX 5962-88525 08 YX 5962-88525 08 ZX	28U 28D6 32L 28F	Military/883C Class B, Fully Compliant (-55°C to 125°C)
			5962-88525 07 UX 5962-88525 07 XX 5962-88525 07 YX 5962-88525 07 ZX	28U 28D6 32L 28F	Military/883C Class B, Fully Compliant (-55°C to 125°C)
			5962-88525 06 UX 5962-88525 06 XX 5962-88525 06 YX 5962-88525 06 ZX	28U 28D6 32L 28F	Military/883C Class B, Fully Compliant (-55°C to 125°C)
200[3]	50	0.35	5962-88525 12 UX 5962-88525 12 XX 5962-88525 12 YX 5962-88525 12 ZX	28U 28D6 32L 28F	Military/883C Class B, Fully Compliant (-55°C to 125°C)
	50	0.35	5962-88525 04 UX 5962-88525 04 XX 5962-88525 04 YX 5962-88525 04 ZX	28U 28D6 32L 28F	Military/883C Class B, Fully Compliant (-55°C to 125°C)
250[3]	50	0.35	5962-88525 13 UX 5962-88525 13 XX 5962-88525 13 YX 5962-88525 13 ZX	28U 28D6 32L 28F	Military/883C Class B, Fully Compliant (-55°C to 125°C)
			5962-88525 11 UX 5962-88525 11 XX 5962-88525 11 YX 5962-88525 11 ZX	28U 28D6 32L 28F	Military/883C Class B, Fully Compliant (-55°C to 125°C)

Package Type	
28D6	28-Lead, 0.600" Wide, Non-Windowed, Ceramic Dual Inline Package (Cerdip)
28F	28-Lead, Non-Windowed, Ceramic Bottom-Brazed Flat Package (Flatpack)
32L	32-Pad, Non-Windowed, Ceramic Leadless Chip Carrier (LCC)
28U	28-Pin, Ceramic Pin Grid Array (PGA)
W	Die
Options	
Blank	Standard Device: Endurance = 10K Write Cycles; Write Time = 10 ms
E	High Endurance Option: Endurance = 100K Write Cycles
F	Fast Write Option: Write Time = 3 ms

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Ordering Information[2]

t_{ACC} (ns)	I_{CC} (mA)		Ordering Code	Package	Operation Range
	Active	Standby			
250	50	0.35	5962-88525 05 UX 5962-88525 05 XX 5962-88525 05 YX 5962-88525 05 ZX	28U 28D6 32L 28F	Military/883C Class B, Fully Compliant (-55°C to 125°C)
			5962-88525 03 UX 5962-88525 03 XX 5962-88525 03 YX 5962-88525 03 ZX	28U 28D6 32L 28F	Military/883C Class B, Fully Compliant (-55°C to 125°C)
300	50	0.35	5962-88525 10 UX 5962-88525 10 XX 5962-88525 10 YX 5962-88525 10 ZX	28U 28D6 32L 28F	Military/883C Class B, Fully Compliant (-55°C to 125°C)
	50	0.35	5962-88525 02 UX 5962-88525 02 XX 5962-88525 02 YX 5962-88525 02 ZX	28U 28D6 32L 28F	Military/883C Class B, Fully Compliant (-55°C to 125°C)
350	50	0.35	5962-88525 09 UX 5962-88525 09 XX 5962-88525 09 YX 5962-88525 09 ZX	28U 28D6 32L 28F	Military/883C Class B, Fully Compliant (-55°C to 125°C)
	50	0.35	5962-88525 01 UX 5962-88525 01 XX 5962-88525 01 YX 5962-88525 01 ZX	28U 28D6 32L 28F	Military/883C Class B, Fully Compliant (-55°C to 125°C)

Notes:
1. Electrical specifications for these speeds are defined by Standard Microcircuit Drawing 5962-88525.
2. See Valid Part Numbers table below.
3. SMD specifies Software Data Protection feature for device type, although Atmel product supplied to *every* device type in the SMD is 100% tested for this feature.

Package Type	
28D6	28-Lead, 0.600" Wide, Non-Windowed, Ceramic Dual Inline Package (Cerdip)
28F	28-Lead, Non-Windowed, Ceramic Bottom-Brazed Flat Package (Flatpack)
32L	32-Pad, Non-Windowed, Ceramic Leadless Chip Carrier (LCC)
28U	28-Pin, Ceramic Pin Grid Array (PGA)
W	Die

Options	
Blank	Standard Device: Endurance = 10K Write Cycles; Write Time = 10 ms
E	High Endurance Option: Endurance = 100K Write Cycles
F	Fast Write Option: Write Time = 3 ms

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Valid Part Numbers

The following table lists standard Atmel products that can be ordered.

Device Numbers	Speed	Package and Temperature Combinations
AT28C256	15	JC, JI, PC, PI, SC, SI, TC, TI, DM/883, FM/883, LM/883, UM/883
AT28C256E	15	JC, JI, PC, PI, SC, SI, TC, TI, DM/883, FM/883, LM/883, UM/883
AT28C256F	15	JC, JI, PC, PI, SC, SI, TC, TI, DM/883, FM/883, LM/883, UM/883
AT28C256	20	JC, JI, PC, PI, SC, SI, TC, TI, DM/883, FM/883, LM/883, UM/883
AT28C256E	20	JC, JI, PC, PI, SC, SI, TC, TI, DM/883, FM/883, LM/883, UM/883
AT28C256F	20	JC, JI, PC, PI, SC, SI, TC, TI, DM/883, FM/883, LM/883, UM/883
AT28C256	25	JC, JI, PC, PI, SC, SI, TC, TI, DM/883, FM/883, LM/883, UM/883
AT28C256E	25	JC, JI, PC, PI, SC, SI, TC, TI, DM/883, FM/883, LM/883, UM/883
AT28C256F	25	JC, JI, PC, PI, SC, SI, TC, TI, DM/883, FM/883, LM/883, UM/883
AT28C256	-	W

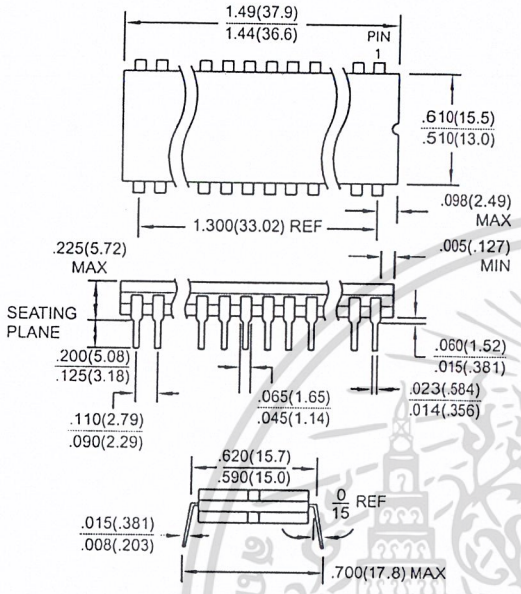
Die Products

Reference Section: Parallel EEPROM Die Products

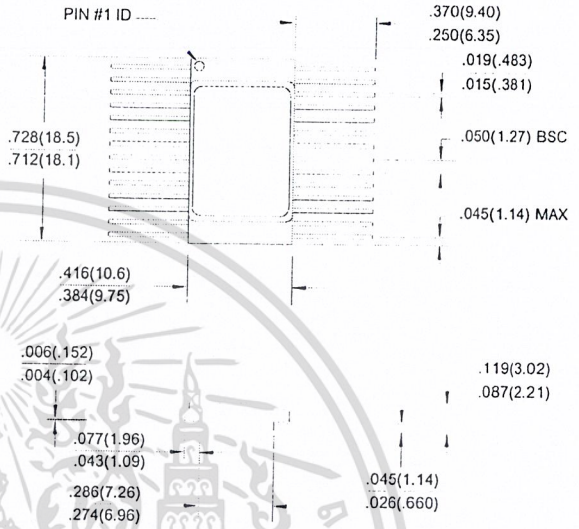
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Packaging Information

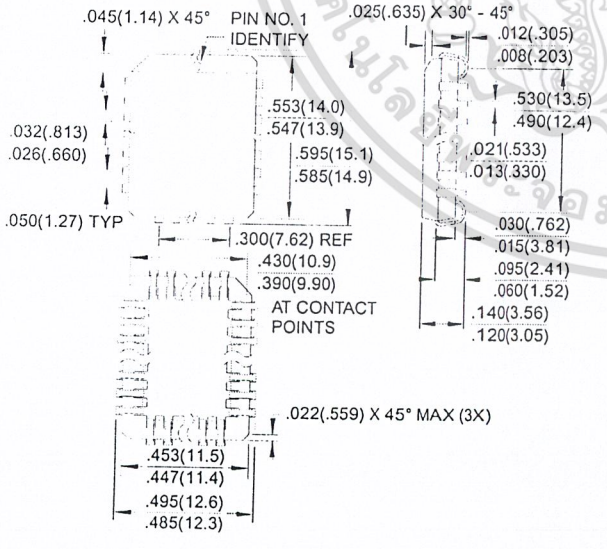
28D6, 28-Lead, 0.600" Widr, Non-Windowed Ceramic Dual Inline Package (Cerdip)
Dimensions in Inches and (Millimeters)
MIL-STD-1835 D-10 CONFIG A



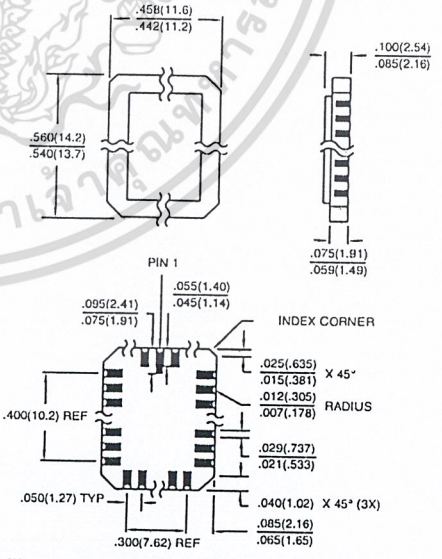
28F, 28-Lead, Non-Windowed, Ceramic Bottom-Brazed Flat Package (Flatpack)
Dimensions in Inches and (Millimeters)
MIL-STD-1835 F-12 CONFIG B



32J, 32-Lead, Plastic J-Leaded Chip Carrier (PLCC)
Dimensions in Inches and (Millimeters)
JEDEC STANDARD MS-016 AE



32L, 32-Pad, Non-Windowed, Ceramic Leadless Chip Carrier (LCC)
Dimensions in Inches and (Millimeters)*
MIL-STD-1835 C-12

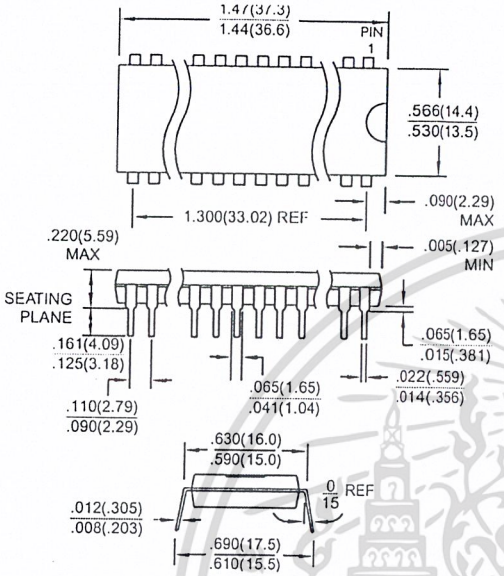


*Controlling dimension: millimeters

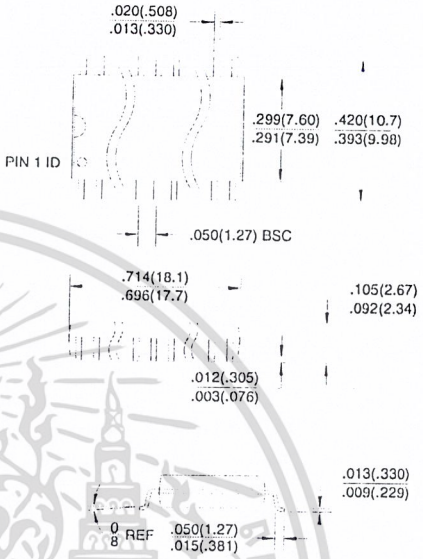
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Packaging Information

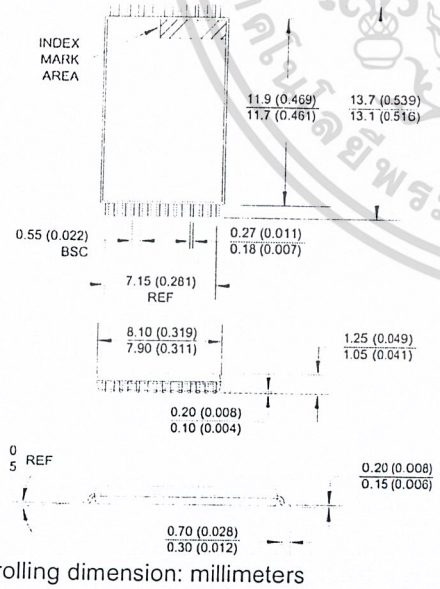
28P6, 28-Lead, 0.600" Widr, Plastic Dual Inline Package (PDIP)
Dimensions in Inches and (Millimeters)
JEDEC STANDARD MS-011 AB



28S, 28-Lead, 0.300" Wide, Plastic Gull Wing Small Outline (SOIC)
Dimensions in Inches and (Millimeters)

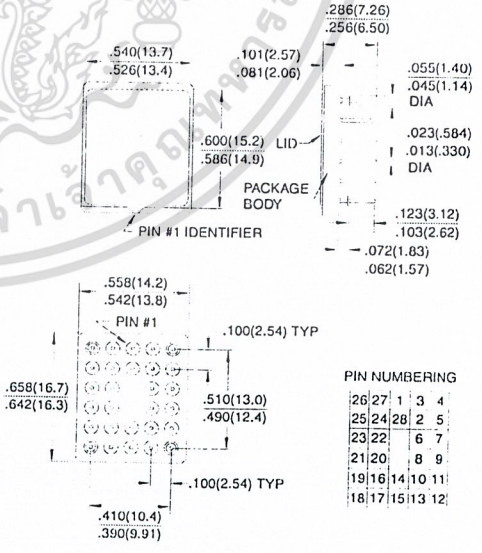


28T, 28-Lead, Plastic Thin Small Outline Package (TSOP)
Dimensions in Millimeters and (Inches)*



*Controlling dimension: millimeters

28U, 28-Pin, Ceramic Pin Grid Array (PGA)
Dimensions in Inches and (Millimeters)



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Atmel Headquarters

Corporate Headquarters
2325 Orchard Parkway
San Jose, CA 95131
TEL (408) 441-0311
FAX (408) 487-2600

Europe
Atmel U.K., Ltd.
Coliseum Business Centre
Riverside Way
Camberley, Surrey GU15 3YL
England
TEL (44) 1276-686677
FAX (44) 1276-686697

Asia
Atmel Asia, Ltd.
Room 1219
Chinachem Golden Plaza
77 Mody Road
Tsimshatsui East
Kowloon, Hong Kong
TEL (852) 27219778
FAX (852) 27221369

Japan
Atmel Japan K.K.
Tonetsu Shinkawa Bldg., 9F
1-24-8 Shinkawa
Chuo-ku, Tokyo 104-0033
Japan
TEL (81) 3-3523-3551
FAX (81) 3-3523-7581

Atmel Operations

Atmel Colorado Springs
1150 E. Cheyenne Mtn. Blvd.
Colorado Springs, CO 80906
TEL (719) 576-3300
FAX (719) 540-1759

Atmel Rousset
Zone Industrielle
13106 Rousset Cedex, France
TEL (33) 4 42 53 60 00
FAX (33) 4 42 53 60 01

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

Fax-on-Demand
North America:
1-(800) 292-8635
International:
1-(408) 441-0732

e-mail
literature@atmel.com

Web Site
http://www.atmel.com

BBS
1-(408) 436-4309

© Atmel Corporation 1998.
Atmel Corporation makes no warranty for the use of its products, other than those expressly contained in the Company's standard warranty which is detailed in Atmel's Terms and Conditions located on the Company's website. The Company assumes no responsibility for any errors which may appear in this document, reserves the right to change devices or specifications detailed herein at any time without notice, and does not make any commitment to update the information contained herein. No licenses to patents or other intellectual property of Atmel are granted by the Company in connection with the sale of Atmel products, expressly or by implication. Atmel's products are not authorized for use as critical components in life support devices or systems.

Marks bearing ® and/or ™ are registered trademarks and trademarks of Atmel Corporation.

Terms and product names in this document may be trademarks of others.

Printed on recycled paper.

0006G–10/98/xM

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้