

การทดลองที่ 8: การแปลงแอนะล็อกเป็นดิจิทัล และการแปลงดิจิทัลเป็นแอนะล็อก

กลุ่มลงทะเบียน กลุ่มการทดลอง รหัส ชื่อ-สกุล

ตารางตรวจ การทดลอง

วงจรข้อ 2 การทดลองข้อ 5		วงจร 4 bit R-2R Ladder
วงจรข้อ 7 การทดลองข้อ 8		วงจร 8 bit R-2R Ladder
วงจรข้อ 11 การทดลองข้อ 13		ADC0804
วงจรข้อ 15 การทดลองข้อ 16		ADC0804 + DAC0808 → DC Input
วงจรข้อ 21 การทดลองข้อ 21		ADC0804 + DAC0808 → AC Input

สรุปผลการทดลอง

(1) ประเด็นจำนวนบิตหรือ Resolution

(2) ประเด็น Conversion Time

(3) ประเด็น MSB-LSB

การทดลองที่ 8

การแปลงแอนะล็อกเป็นดิจิทัล และการแปลงดิจิทัลเป็นแอนะล็อก

- (1) บันทึกเป็น pdf ไฟล์ และกำหนดชื่อไฟล์เป็น รหัส-ชื่อ สกุล เช่น B3601234-นายวิชัย ศรีสุรักษ์
- (2) เตรียมการทดลอง ตามคำถามก่อนการทดลอง
- (3) ส่งเตรียมการทดลอง พร้อมกันทุกกลุ่ม ก่อน 20250107-0600 ที่ <https://forms.gle/Gc1vSGTqihvJr5K3A>
- (4) เติมคำตอบ คำอธิบาย สรุปผล ด้วยลายมือตัวเอง ใน pdf ไฟล์
- (5) ส่ง Full Report Pdf File ก่อน 20250113-0600 ที่ <https://forms.gle/JwHfpMbVjJR5PWSx5>

1. จุดประสงค์

1. เพื่อให้นักศึกษาเข้าใจการทำงานของ DAC และ ADC
2. เพื่อให้นักศึกษาสามารถต่อวงจรใช้งาน DAC และ ADC ได้

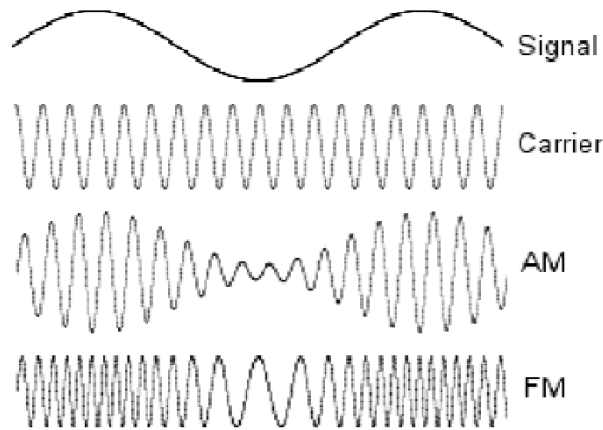
2. อุปกรณ์การทดลอง

- | | |
|-------------------------------------|-----------|
| 1. แหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรง $\pm 15V$ | 1 ตัว |
| 2. ไอซี DAC0808 และ ADC0804 อย่างละ | 1 ตัว |
| 3. ตัวต้านทานขนาด 1k, 2k 1% อย่างละ | x ตัว |
| 4. มัลติมิเตอร์แบบดิจิทัล | 1 เครื่อง |
| 5. ดิจิตอลบอร์ดและสายต่อวงจร | 1 ชุด |

3. ทฤษฎี

3.1 สัญญาณ Analog/ Digital

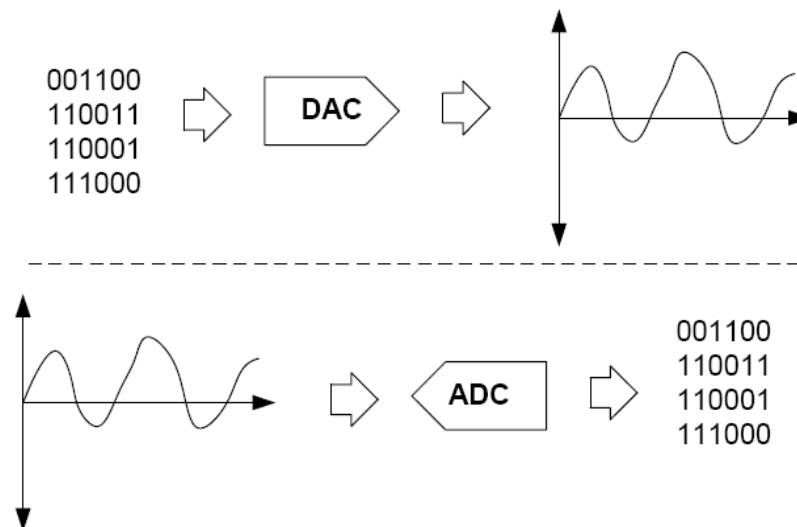
สัญญาณแอนะล็อกหรือ analog signal คือสัญญาณที่มีการเปลี่ยนแปลงแบบต่อเนื่องตามลำดับของเวลา หากจะขยายความคำว่า “การเปลี่ยนแปลงต่อเนื่อง” หมายถึงระดับของแรงดัน (amplitude) เปลี่ยนเพิ่มขึ้นหรือลดลงต่อเนื่องตัวอย่างของสัญญาณแอนะล็อกที่เห็นได้ชัดได้แก่ สัญญาณเสียง, แรงดันไฟฟ้า สัญญาณการสั่นสะเทือน สัญญาณอื่นๆที่เกิดขึ้นตามธรรมชาติ เป็นต้น การส่งข้อมูลด้วยสัญญาณแอนะล็อก เช่น สัญญาณเสียงดนตรี เสียงพูด ที่ออกผ่านลำโพงให้เราได้ยินแล้ว เรายังมีเทคนิคการผสมสัญญาณโดยใช้สัญญาณเสียงเกาะไปกับสัญญาณอีกตัวหนึ่งที่มีความถี่สูงกว่า วิธีการดังกล่าวเรียกว่าการผสมสัญญาณ (modulation) เช่นในวิทยุ AM (amplitude modulation) ใช้การเปลี่ยนแปลงของแรงดันในการนำสัญญาณเสียงผสมลงในสัญญาณความถี่วิทยุ โดยความถี่วิทยุมีความถี่สูงกว่าสัญญาณเสียง เราจึงนำสัญญาณเสียงมาผูกและให้สัญญาณเสียงทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงสัญญาณทางด้าน amplitude ของสัญญาณคลื่นวิทยุ เป็นผลให้เราสามารถส่งวิทยุออกอากาศได้ไกล อีกวิธีหนึ่งคือ FM (frequency modulation) เราใช้สัญญาณเสียงผสมกับความถี่สูงแต่ให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทางด้านความถี่สูงตามขนาดของความถี่เสียง



รูปที่ 8.1 สัญญาณแอนะล็อก และการผสมสัญญาณแบบ AM และ FM

จากรูปที่ 8.1 คลื่นพาร์ Carrier ถูกผสมด้วยสัญญาณเสียง signal ผลลัพธ์หากใช้การผสมแบบเปลี่ยนแปลงทางแรงดันจะได้สัญญาณ AM และหากใช้การผสมสัญญาณแบบใช้การเปลี่ยนแปลงทางความถี่จะได้สัญญาณ FM สัญญาณทั้งหมดที่กล่าวมาเป็นสัญญาณแอนะล็อกทั้งสิ้น

สัญญาณดิจิทัล digital signal เป็นสัญญาณที่มีลำดับแบบค่าความแรงดันไม่ต่อเนื่อง discrete signal โดยลักษณะของสัญญาณเป็นพัลส์ pulse signal มีการเปลี่ยนแปลงของแรงดันอย่างรวดเร็ว ข้อมูลของสัญญาณเข้ารหัสในรูปแบบของลำดับของการเปลี่ยนแปลงแบบพัลส์ ลักษณะของสัญญาณดิจิทัลโดยทั่วไปจะกำหนดให้แรงดันที่ 0v มีค่าสถานะเป็นเท็จ false และแรงดันที่สูงกว่านั้นมีค่าเป็นสถานะเป็นจริง true โดยเทคโนโลยี cmos แรงดันสถานะจริงเริ่มที่ 1/2 ของแรงดันที่จ่ายให้ในระบบ และ TTL เริ่มตั้งแต่ 2Volt



รูปที่ 8.2 การแปลงสัญญาณแอนะล็อกเป็นดิจิทัลและสัญญาณดิจิทัลเป็นแอนะล็อก

คอมพิวเตอร์ใช้การประมวลผลการทำงานโดยใช้สัญญาณดิจิทัลในการสื่อสาร เก็บข้อมูล รับส่งข้อมูล และประมวลผล ภายในคอมพิวเตอร์มีส่วนประกอบหลายส่วนที่ต้องใช้สัญญาณแอนะล็อกและดิจิทัล เช่น การแสดงภาพทาง VGA Port (15pin), การแสดงเสียงทาง speaker, การรับสัญญาณเสียงผ่านทาง microphone และ การแปลงภาพผ่านทาง CCD Camera เป็นต้น การประมวลผลที่กล่าวมานี้แบ่งออกได้เป็นสองแบบคือ

- 1) การแปลงสัญญาณดิจิทัลเป็นสัญญาณแอนะล็อก digital to analog converter (DAC)
- 2) การแปลงสัญญาณจากแอนะล็อกเป็นดิจิทัล analog to digital converter (ADC)

3.2 Digital to analog conversion

สัญญาณดิจิทัลมีระดับทางด้านแรงดันสูงสุดเพียงระดับเดียว เช่น 5V, 3.3V, 1.5V แต่สัญญาณแอนะล็อกมีระดับการเปลี่ยนแปลงของแรงดันที่สูงกว่านั้น หากมองมุมของข้อมูลในสัญญาณแอนะล็อกใช้ระดับของแรงดันในการบอกถึงระดับของข้อมูล แต่ในสัญญาณดิจิทัลใช้การเปลี่ยนแปลงทางลอจิกของบิตต่างๆในการบอกถึงระดับของข้อมูล

การแปลงสัญญาณดิจิทัลเป็นสัญญาณแอนะล็อกหรือ Digital to analog converter (DAC) ใช้หลักการให้น้ำหนักของแต่ละบิต ตามน้ำหนักของระดับแรงดันไฟฟ้า โดยระดับของแรงดันไฟฟ้าในแต่ละบิตจะเพิ่มถึงจากบิตก่อนหน้าสองเท่า ซึ่งเป็นไปตามสมการ $2N$ ดังตารางที่ 3.1 แรงดันที่ $D0 = 0.8V$, $D1 = 1.6V$, $D2 = 3.2V$ และ $D3 = 6.4V$ ภายในตารางนี้สมมุติว่าเราต้องการสร้างวงจร DAC ขนาด 4 Bit ที่แรงดัน 0-12V จะเห็นได้ว่า $2^4 = (0 \text{ ถึง } 15) 16$ ระดับ ดังนั้นแรงดันในแต่ละระดับมีค่า $12/(2^4 - 1) = 0.8V$ ตัวอย่างหากเราต้องการแรงดันที่ประมาณ 7.2V จะต้องกำหนดเป็น 1001 แต่หากต้องการแรงดันที่ 6V จะพบว่าไม่มีระดับลอจิกที่สามารถได้ค่าพอดี ผลลัพธ์ที่ใกล้ที่สุดคือ 1000

จากตัวอย่างปัญหาที่แรงดัน 6V วงจรไม่สามารถสร้างแรงดันได้พอดี เราสามารถแก้ไขได้โดยการเพิ่มความละเอียดหรือเพิ่มจำนวนบิตให้มากขึ้น เช่นเราสร้างวงจร DAC 8Bit แรงดัน 0-12V จะได้ระดับ $2^8 = 256$ (0 ถึง 255) ระดับ ดังนั้นเราจะได้ระดับแรงดันที่ $12/(2^8 - 1) = 0.047058V$ และที่แรงดัน 6V จะได้ระดับลอจิกที่ $6/0.047058 = 127.5$ หรือ 127 และแรงดันที่ผิดพลาดเป็น $(127.5-127)*0.047058 = 0.0235V$ หรือผิดพลาดที่ 0.39% คำนวณได้จาก $6/0.0235*100 = 0.39$

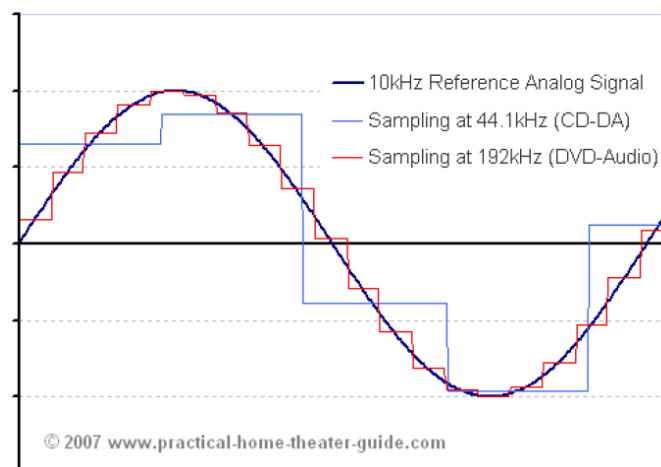
จากตัวอย่างเรื่องความละเอียดของระดับแรงดันเราเรียกว่า resolution โดย DAC ที่มีจำนวนบิตมากยิ่งขึ้น มี resolution ดีกว่าตัวที่มีจำนวนบิตน้อยๆ ดังรูปที่ 8.3 รูปภาพจาก <http://www.practical-home-theaterguide.com/DVD-audio.html> แสดงสัญญาณทั้งหมดสามชุดประกอบด้วย 1) สัญญาณแอนะล็อกรูป sine wave 2) สัญญาณ analog ที่สร้างจาก DAC ที่มี sample rate 43.1Khz และ 3) สัญญาณ analog ที่สร้างจาก DAC ที่มี sample rate 192Khz หาก

สมมุติให้สัญญาณลำดับ 2 มี resolution 16bit และ ลำดับ 3 มี resolution 24bit เราจะเห็นว่าสัญญาณลำดับที่ 3 มีความใกล้เคียงกับสัญญาณ sine wave มาก พารามิเตอร์อีกตัวที่เกี่ยวข้องกับ DAC คือ sample rate คืออัตราความถี่ในการสุ่มที่ DAC สามารถสังเคราะห์ได้สัญญาณเหมือนกับสัญญาณแอนะล็อกมากที่สุด ตามกฎของ Nyquist sampling theory การสุ่มเพื่อสังเคราะห์สัญญาณให้เหมือนต้นฉบับจะต้องมีค่าน้อยที่คือ สองเท่าของความถี่ที่เราต้องการสร้าง เช่นเราต้องการสร้างสัญญาณ 20KHz เราจะต้องสุ่มที่ 40KHz เป็นต้น

ตารางที่ 3.1 ระดับแรงดัน 0-5V โดยใช้สัญญาณดิจิทัล 4 Bit

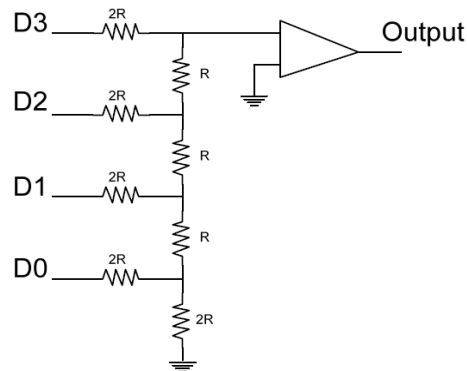
D3 D2 D1 D0	Bit value	Voltage
0000	0	0.00
0001	1	0.31
0010	2	0.63
0011	3	0.94
0100	4	1.25
0101	5	1.56
0110	6	1.88
0111	7	2.19
1000	8	2.50
1001	9	2.81
1010	10	3.13
1011	11	3.44
1100	12	3.75
1101	13	4.06
1110	14	4.38
1111	15	4.69

แปลงสัญญาณแอนะล็อกเป็นดิจิทัลและสัญญาณดิจิทัลเป็นแอนะล็อก

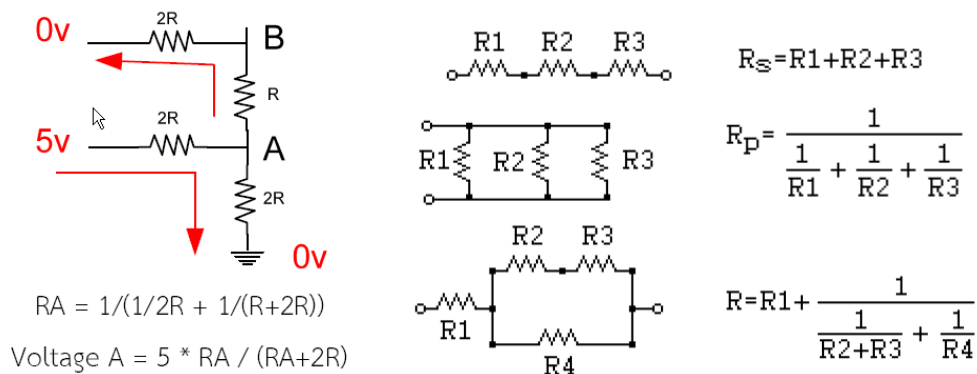


รูปที่ 8.3 การแปลงสัญญาณแอนะล็อกเป็นดิจิทัลและสัญญาณดิจิทัลเป็นแอนะล็อก

วงจร DAC สร้างโดยอาศัยการกำหนดน้ำหนักของแต่ละบิตเพิ่มขึ้นเป็นสองเท่า ดังรูปที่ 8.4 ภายในวงจรประกอบด้วย ตัวต้านทาน resister (R) ทำหน้าที่จำกัดกระแสและแรงดัน โดยตัวต้านทานที่มีค่าความต้านทานสูงจะมีแรงดันตกคร่อมมาก ในรูปตัวต้านทานชื่อ 2R หมายถึงมีค่าความต้านทานมากเป็นสองเท่าของ R ดังนั้นตัวต้านทาน 2R จะมีแรงดันตกคร่อมตัวมันมากกว่า R อุปกรณ์อีกตัวคือตัวขยาย amplifier ทำหน้าที่ขยายสัญญาณแรงดัน



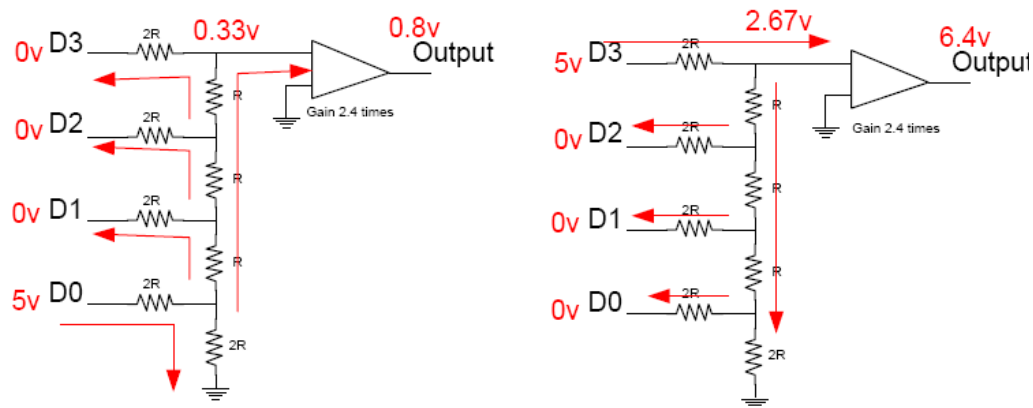
รูปที่ 8.4 วงจรแปลงแอนาลอกเป็นดิจิตอล



รูปที่ 8.5 วงจรแบ่งแรงดัน และการคำนวณค่าความต้านทาน

การทำงานของ DAC จะใช้หลักของการแบ่งแรงดันด้วย R ดังวงจรดังรูปที่ 8.5 แรงดัน 5V เมื่อผ่านจุด A จะแรงดันประมาณน้อยกว่า 2.5V เนื่องจากค่าความต้านทานที่จุด A มีตัวต้านทานต่อลงกราวด์สองทางตัวได้แก่ 2R และ R+2R ซึ่งมีค่าความต้านทานมากกว่า 2R ในการคำนวณค่าความต้านทานขนานที่จุด A ตัวต้านทานที่ขนานกันจะมีค่าความต้านทานต่ำกว่าและแรงดันที่จุดนี้จะมีค่าน้อยกว่า 2.5V และหากคำนวณแรงดันที่จุด B จะเห็นว่าเส้นทางจาก A ไป B ผ่าน R และ 2R ไปที่ 0v ทำให้แรงดันที่จุด B มีค่าลดลงประมาณ 1/3 คำนวณได้จาก $2.5 \times R / (R + 2R)$ ดังนั้นแรงดันที่จุด B จึงมีค่าแรงดันประมาณ 1.6V จากที่กล่าวมาแสดงให้เห็นว่าวงจรนี้เป็นวงจรแบ่งแรงดัน โดยบิตที่ D0 จะถูกแบ่งแรงดันมากกว่า D3

ตัวอย่างการแบ่งแรงดันแสดงดังรูปที่ 8.6 แบ่งออกเป็นสองภาพคือด้านซ้ายมือกำหนดให้ D0-D3 มีค่าเป็น 5v 0v 0v และ 0v ตามลำดับ จะพบว่าแรงดันที่เข้าวงจรขยายมีค่าแรงดันต่ำมากที่สุดที่ 0.33V วงจรขยายมีอัตราขยายแรงดันที่ 2.4 เท่าจึงทำให้ได้แรงดันเอาต์พุตที่ 0.8V ในส่วนภาพด้านขวามือกำหนดให้ D0-D3 มีค่าแรงดันที่ 0v 0v 0v และ 5v ตามลำดับ เนื่องจาก D3 ถูกแบ่งแรงดันน้อยกว่า D0 ทำให้แรงดันทางด้านอินพุตของวงจรขยายมีแรงดันที่ 2.67V เมื่อขยายแล้วได้แรงดันเอาต์พุตที่ 6.4V แรงดันที่ D3 เข้าวงจรขยายคำนวณโดยประมาณได้ $5 \times (R+2R)/(2R+R+2R)$

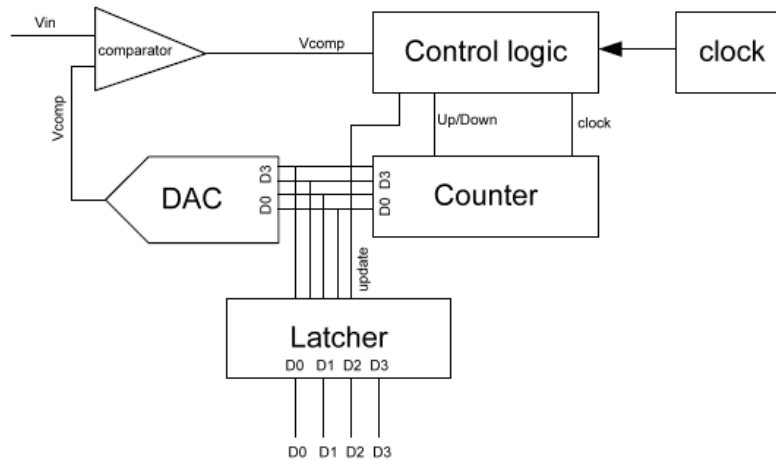


รูปที่ 8.6 ตัวอย่างกระแสไฟและแรงดันเอาต์พุต หากป้อน logic 0001 และ 1000

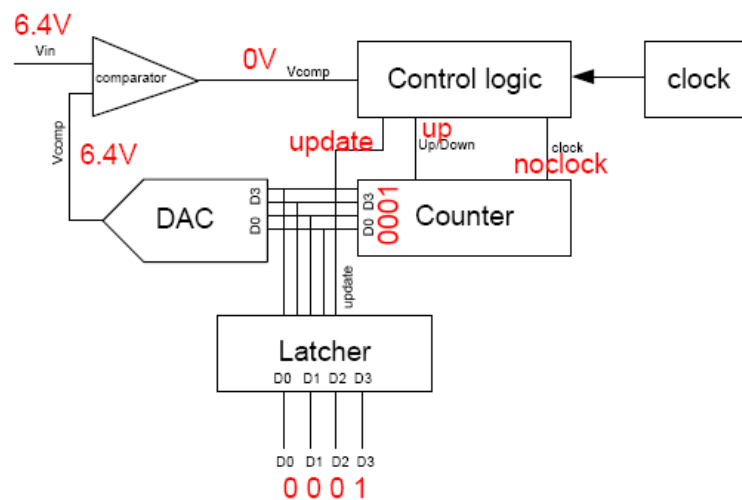
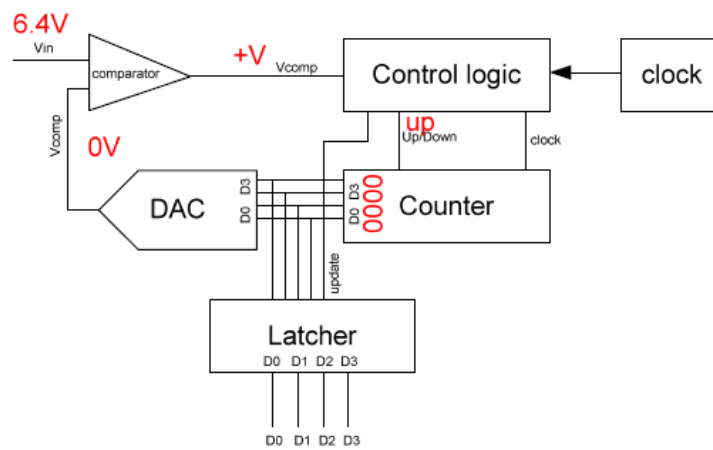
3.3 Analog to digital conversion

การแปลงสัญญาณแอนาลอกเป็นดิจิตอล ภายในไอซีมีส่วนประกอบหลักๆ แสดงดังรูปที่ 8.7 ประกอบด้วย

- Comparator ทำหน้าที่เปรียบเทียบความแตกต่างของแรงดันอินพุตสองชุด โดยหากอินพุตทั้ง V_{in} และ $V_{feedback}$ มีแรงดันเท่ากัน แรงดันทางเอาต์พุตของวงจรเปรียบเทียบจะมีค่าแรงดันศูนย์ หาก V_{in} มีค่ามากกว่า $V_{feedback}$ แรงดัน V_{comp} จะมีค่าเป็นบวก และหาก V_{in} มีค่าน้อยกว่า $V_{feedback}$ แรงดัน V_{comp} มีค่าเป็นลบ
- Control logic ทำหน้าที่นำระดับแรงดันของ V_{comp} มาเปรียบเทียบ เพื่อควบคุมการทำงานของ counter โดยหาก V_{comp} มีค่าแรงดันเป็น 0V วงจรจะไม่ปล่อยสัญญาณนาฬิกาให้ counter หาก V_{comp} มีค่าเป็นบวก วงจรจะปล่อยสัญญาณ clock ให้แก่ counter และส่งสัญญาณนับขึ้นให้แก่ counter
- Counter วงจรนับ รับสัญญาณ clock การนับขึ้นหรือลง จาก control logic ส่งเอาต์พุต D0-D3 ให้แก่ DAC
- DAC วงจรแปลงสัญญาณ digital เป็น analog
- Latcher วงจรค้างค่า logic โดยรับจังหวะการ update จาก control logic



รูปที่ 8.7 โครงสร้างการทำงานของวงจร ADC



รูปที่ 8.8 ตัวอย่างกระแสหากป้อน logic 0001 และ 1000

4. คำถามก่อนการทดลอง

- ให้จำลองการทำงานและสังเตรียมการทดลองก่อน 20250107-0600 พร้อมกันทุกกลุ่ม
1. แสดงการคำนวณ Vout การทดลองข้อ 4 ในกรณีที่อินพุตเป็น 1000, 0100, 0010, 0001 และ 1011 (กำหนดลอจิก 1=5V ลอจิก 0=0V) แล้วบันทึกผลการคำนวณในตารางข้อ 4
< เติมค่าใน การทดลองตอนที่ 1/3 ข้อ 4 >
 2. ให้จำลองการทำงานด้วย NI-Mutisim_14 ในข้อ.6 และ Capture ผลการทำงานแนบในเอกสาร Word ก่อนบันทึกเป็น pdf แล้วเขียนแสดงการคำนวณ Error
 3. ให้ออกแบบวงจร DAC ขนาด 8 บิต สำหรับการทดลองข้อ.7
< เติมค่าใน การทดลองตอนที่ 1/3 ข้อ 7 >
 4. ให้จำลองการทำงานด้วย NI-Mutisim_14 ในข้อ.9 และ Capture ผลการทำงานแนบในเอกสาร Word ก่อนบันทึกเป็น pdf
 5. ให้จำลองการทำงานด้วย NI-Mutisim_14 ในข้อ.10 และ Capture ผลการทำงานแนบในเอกสาร Word ก่อนบันทึกเป็น pdf แล้วเขียนแสดงการคำนวณ Error
 6. ให้จำลองการทำงานด้วย NI-Mutisim_14 ในข้อ.18 และ Capture ผลการทำงานแนบในเอกสาร Word ก่อนบันทึกเป็น pdf

5. ลำดับขั้นตอนการทดลอง

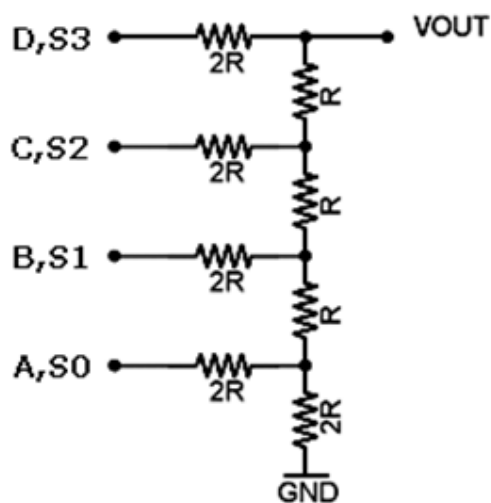
การทดลองตอนที่ 1/3: การทำงานของวงจร DAC

1. ทำความรู้จักกับ Logic Trainer Board เกี่ยวกับ

- Logic 1 → Logic Monitor ☐ โยกขึ้น ☐ ดึงลง
 → Logic Switch สี _____
 → แรงดันวัดได้ _____ โวลต์

- Logic 0 → Logic Monitor ☐ โยกขึ้น ☐ ดึงลง
 → Logic Switch สี _____
 → แรงดันวัดได้ _____ โวลต์

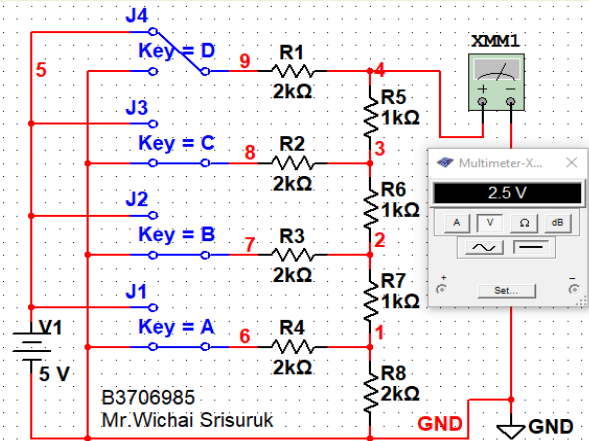
2. ให้นักศึกษาต่อวงจรดังรูปที่ 8.9 วงจรทดสอบการทำงานของ DAC แบบ 4 บิต



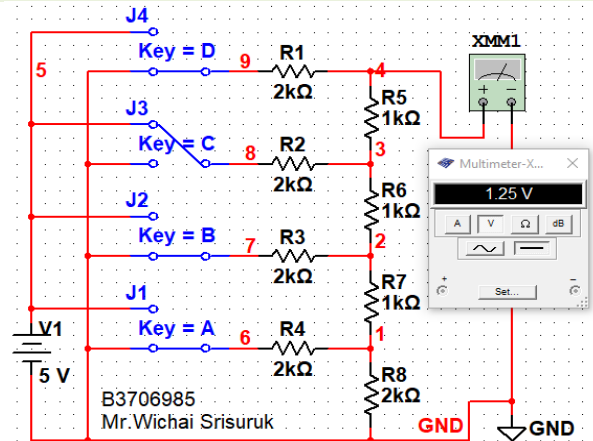
รูปที่ 8.9 วงจรทดสอบการทำงานของ DAC แบบ 4 บิต

3. ทดสอบป้อน ดิจิตอล อินพุต 1000, 0100, 0010, 0001, 1011 และ 1101

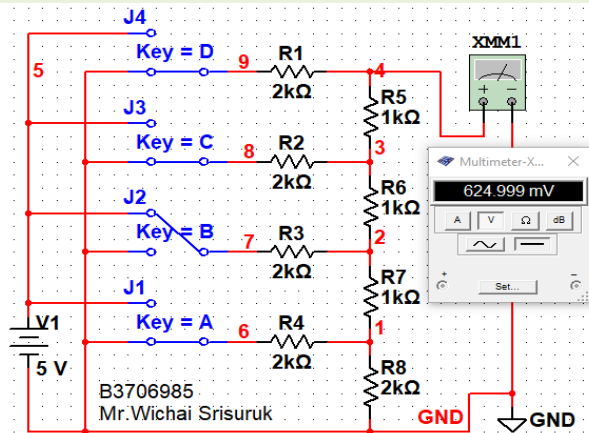
Input = 1000 → Vout = 2.5V



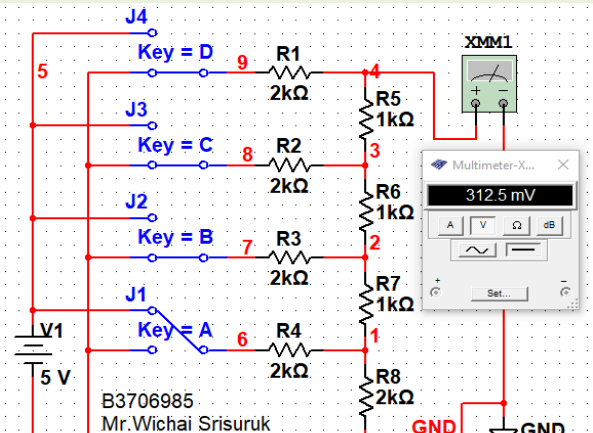
Input = 0100 → Vout = 1.25V



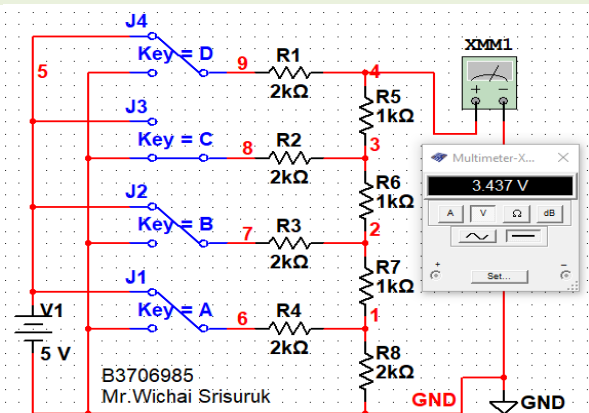
Input = 0010 → Vout = 0.625V



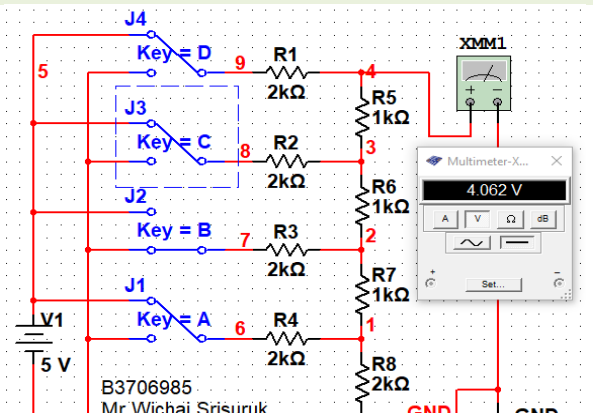
Input = 0001 → Vout = 0.3125V



Input = 1011 → Vout = 0.3.437V



Input = 1101 → Vout = 4.062V



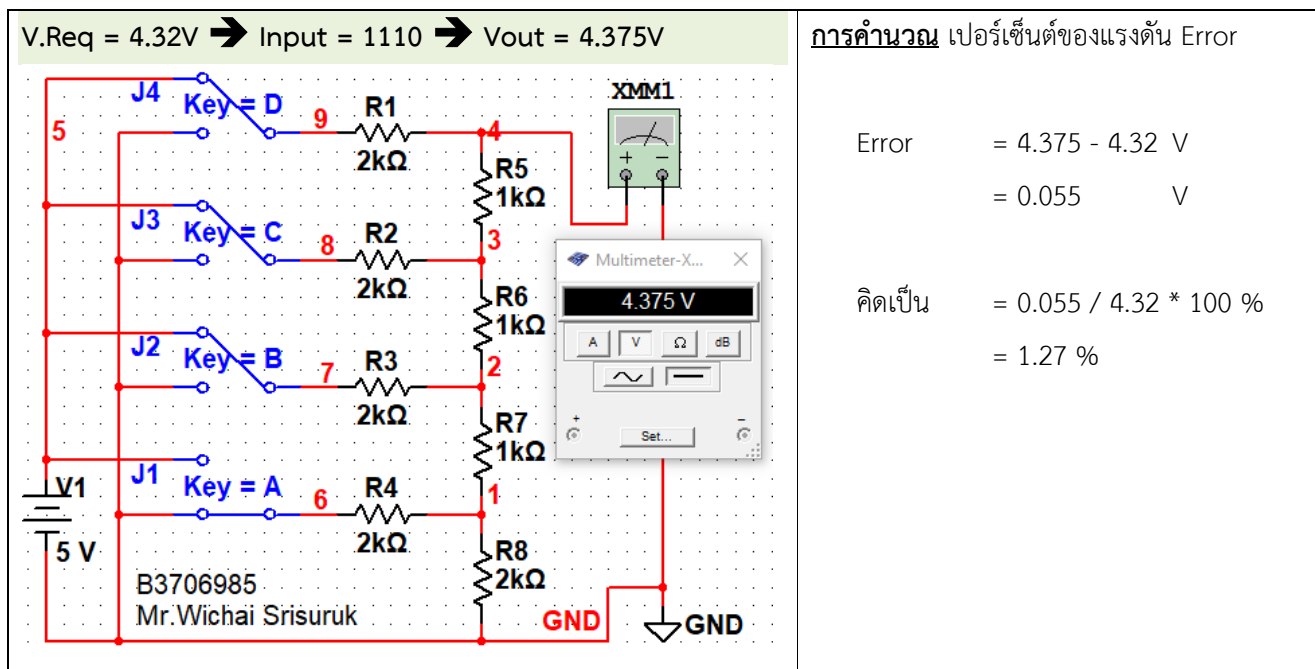
4. การคำนวณ V_{out} เมื่ออินพุต DCBA เป็นค่า 1000, 0100, 0010, 0001, 1011 และ 1101

This image is a completely blank white page with no visible content, text, or markings.

5. จากนั้นทดสอบการทำงานและบันทึกผลลงในตารางทั้ง logic และแรงดัน

อินพุต D C B A	ตั้งค่า D C B A	คำนวณแรงดัน V_{OUT} (V)	วัดแรงดัน V_{OUT} (V)	แรงดัน Error %
1 0 0 0				
0 1 0 0				
0 0 1 0				
0 0 0 1				
1 0 1 1				
1 1 0 1				
อยากได้ $V_{OUT} = 4.32$ V	1 1 1 0		4.375	1.27
อยากได้ $V_{OUT} = 3.76$ V				
อยากได้ $V_{OUT} = 2.08$ V				
อยากได้ $V_{OUT} = 1.00$ V				
อยากได้ $V_{OUT} = 0.60$ V				

6. แสดงรูปการตั้งค่า Input และคำนวณเปอร์เซ็นต์ของแรงดัน Error



<p>V.Req = 3.76V ➡ Input =</p>	<p><u>การคำนวณ</u> เพอร์เซ็นต์ของแรงดัน Error</p>
<p>V.Req = 2.08V ➡ Input =</p>	<p><u>การคำนวณ</u> เพอร์เซ็นต์ของแรงดัน Error</p>

<p>V.Req = 1.00V ➡ Input =</p>	<p><u>การคำนวณ</u> เพอร์เซ็นต์ของแรงดัน Error</p>
<p>V.Req = 0.60V ➡ Input =</p>	<p><u>การคำนวณ</u> เพอร์เซ็นต์ของแรงดัน Error</p>

7. ให้นักศึกษาออกแบบวงจรโดยเลียนแบบรูปที่ 8.9 ให้วงจรทำงานเป็น DAC ขนาด 8 บิต

รูปที่ 8.10 วงจรทดสอบการทำงานของ DAC แบบ 8 บิต

8. จากนั้นทดสอบการทำงานและบันทึกผลลงในตาราง โดยกรอกข้อมูลในช่องว่างไม่ว่าจะเป็น logic และแรงดัน

อินพุต HGFE DCBA	ตั้งค่า HGFE DCBA	คำนวณแรงดัน V_{OUT} (V)	วัดแรงดัน V_{OUT} (V)	แรงดัน Error %
1000 0000				
0100 0000				
0010 0000				
0001 0000				
0000 1000				
0000 0100				
0000 0010				
0000 0001				
1000 1111				
1001 0000				
อยากได้ $V_{OUT} = 4.32$ V				
อยากได้ $V_{OUT} = 3.76$ V				
อยากได้ $V_{OUT} = 2.08$ V				
อยากได้ $V_{OUT} = 1.00$ V				
อยากได้ $V_{OUT} = 0.60$ V				

9. ทดสอบป้อน ดิจิตอล อินพุตค่าต่างๆ

Input = 1000 0000 ➡ Vout =	Input = 1000 1111 ➡ Vout =
Input = 0100 0000 ➡ Vout =	Input = 1001 1111 ➡ Vout =

10. แสดงรูปการตั้งค่า Input และคำนวณเปอร์เซ็นต์ของแรงดัน Error

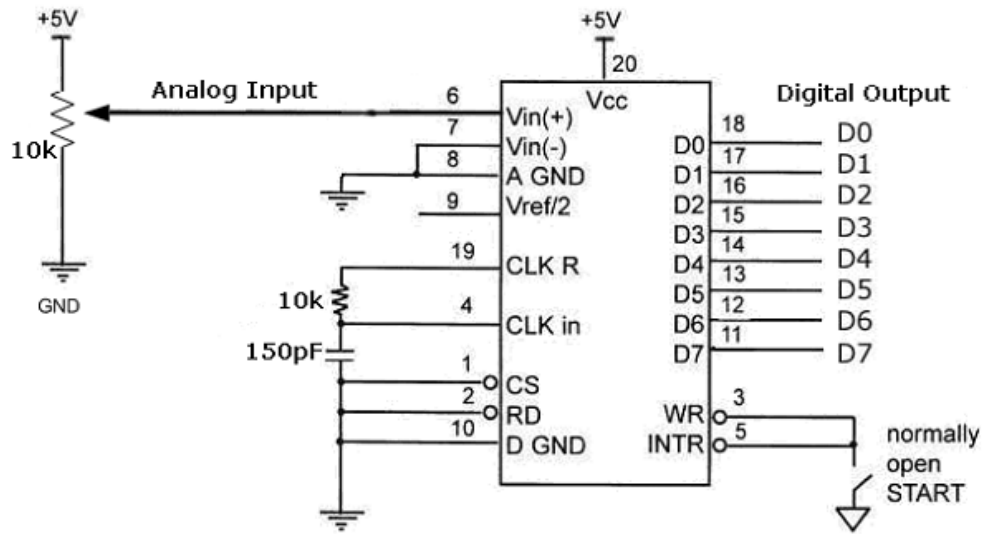
V.Req = 4.32V ➡ Input =	<u>การคำนวณ</u> เปอร์เซ็นต์ของแรงดัน Error
V.Req = 3.76V ➡ Input =	<u>การคำนวณ</u> เปอร์เซ็นต์ของแรงดัน Error

<p>V.Req = 2.08V ➡ Input =</p>	<p><u>การคำนวณ</u> เพอร์เซ็นต์ของแรงดัน Error</p>
<p>V.Req = 1.00V ➡ Input =</p>	<p><u>การคำนวณ</u> เพอร์เซ็นต์ของแรงดัน Error</p>

<p>V.Req = 0.60V ➡ Input =</p>	<p><u>การคำนวณ</u> เปอร์เซนต์ของแรงดัน Error</p>
--------------------------------	--

การทดลองตอนที่ 2/3: การทำงานของวงจร ADC

11. ให้นักศึกษาต่อวงจรดังรูปที่ 8.11



รูปที่ 8.11 วงจร ADC0804

12. ข้อสำคัญ คือ ขา3 ต้องต่อกับ ขา5 และเมื่อเริ่มการแปลงแอนาล็อกเป็นดิจิตอลให้แตะทั้ง 2

ขานี้ที่ GND แล้วปล่อยทั้งสองขาออกจาก GND

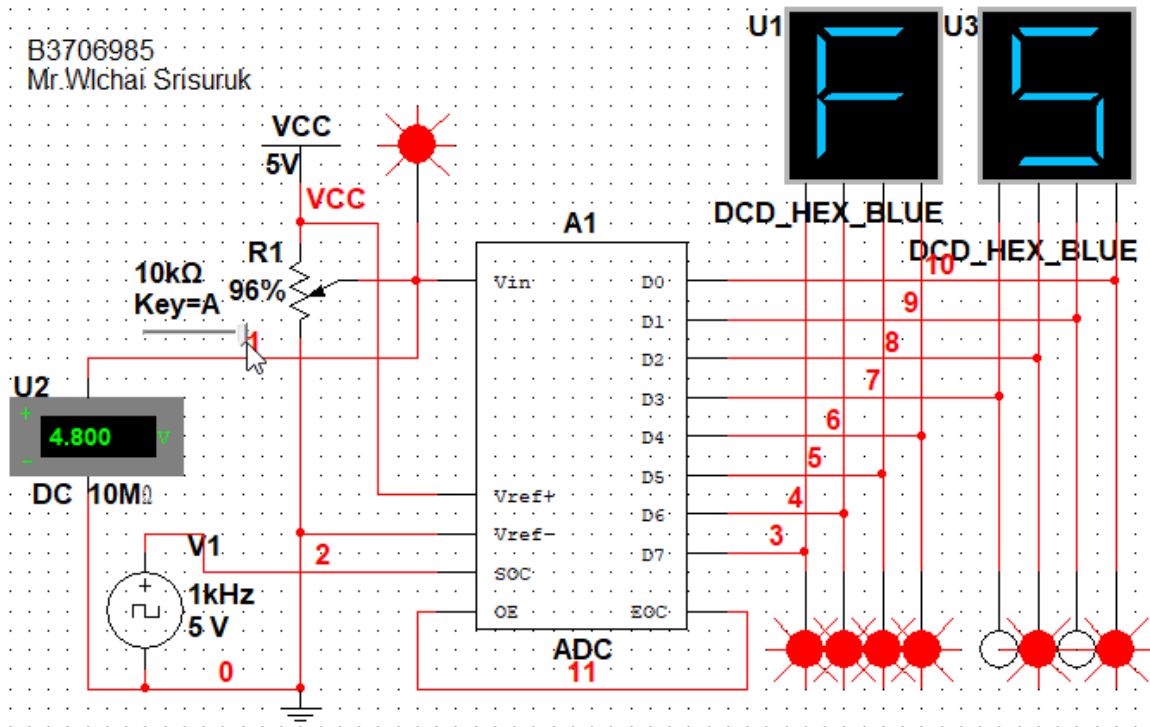
13. ตั้งความต้านทานปรับค่าได้ที่แรงดันต่างๆ บันทึกค่าแรงดันที่ตั้งได้ และระดับลอจิกลงในตาราง

แรงดันขาเข้า ประมาณ (โวลต์)	แรงดันขาเข้า วัด (โวลต์)	D7 D6 D5 D4 D3 D2 D1 D0	HEX
0.0			
0.6			
1.2			
1.8	1.8	0101 1100	5C
2.4			
3.0			
3.6			
4.2			
4.8	4.8	1111 0101	F5

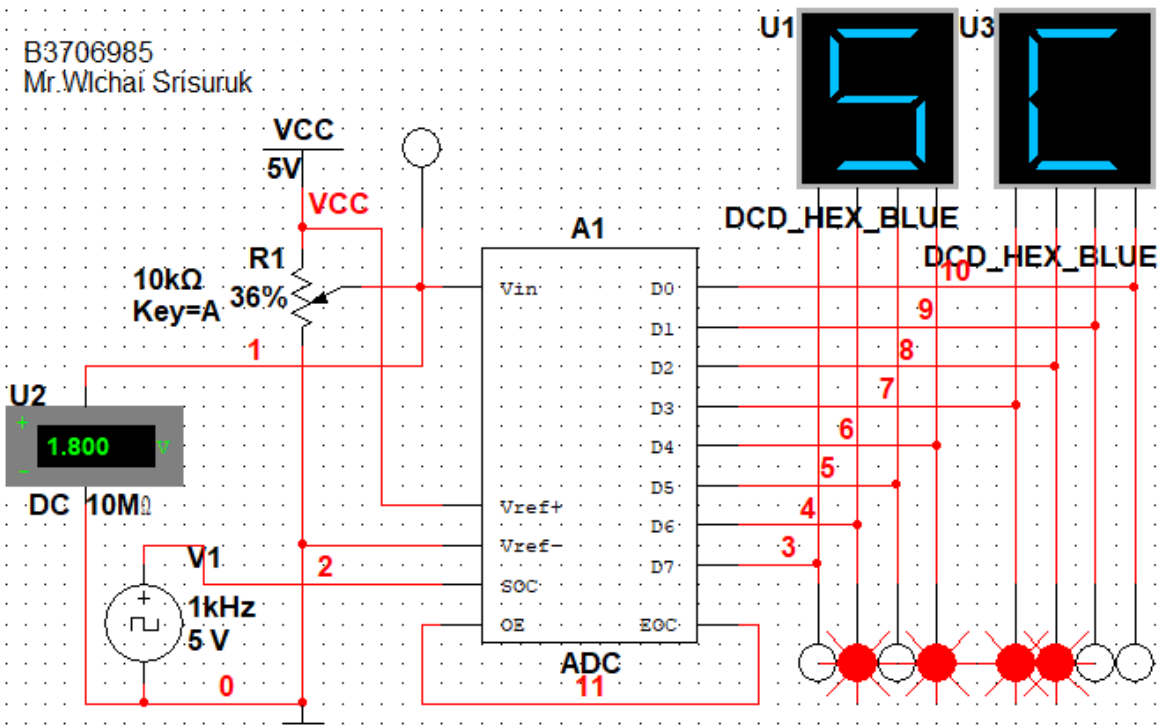
- <https://www.youtube.com/watch?v=-pjdtLwyFU4>

14. ผลการทดสอบ

Req Input = 4.8V → Set Input = 4.8V → Digital Output = 1111 0101

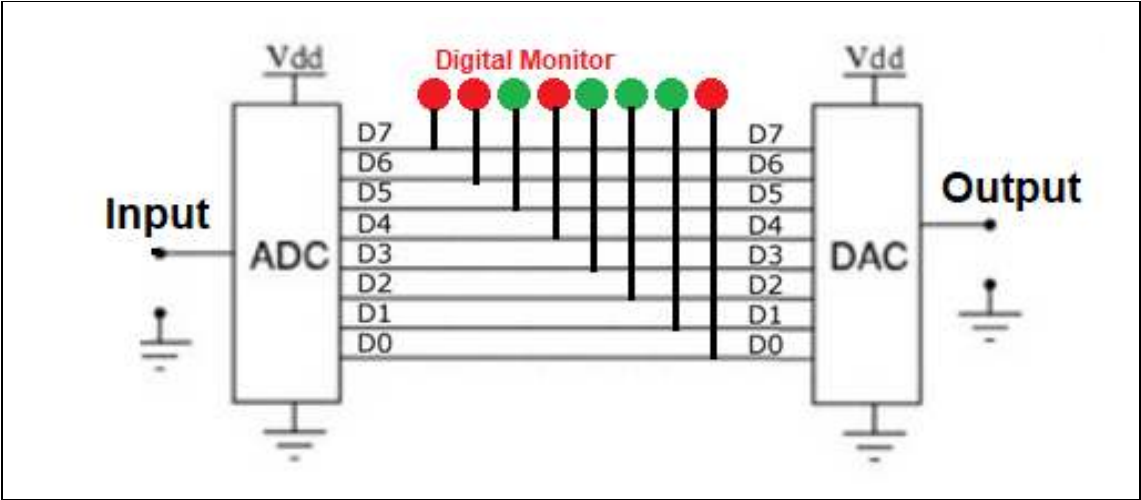


Req Input = 1.8V → Set Input = 1.8V → Digital Output = 0101 1100



การทดลองตอนที่ 3/3: วงจรแปลง ADC และ DAC

15. ให้นักศึกษาต่อวงจรดังรูปที่ 8.12



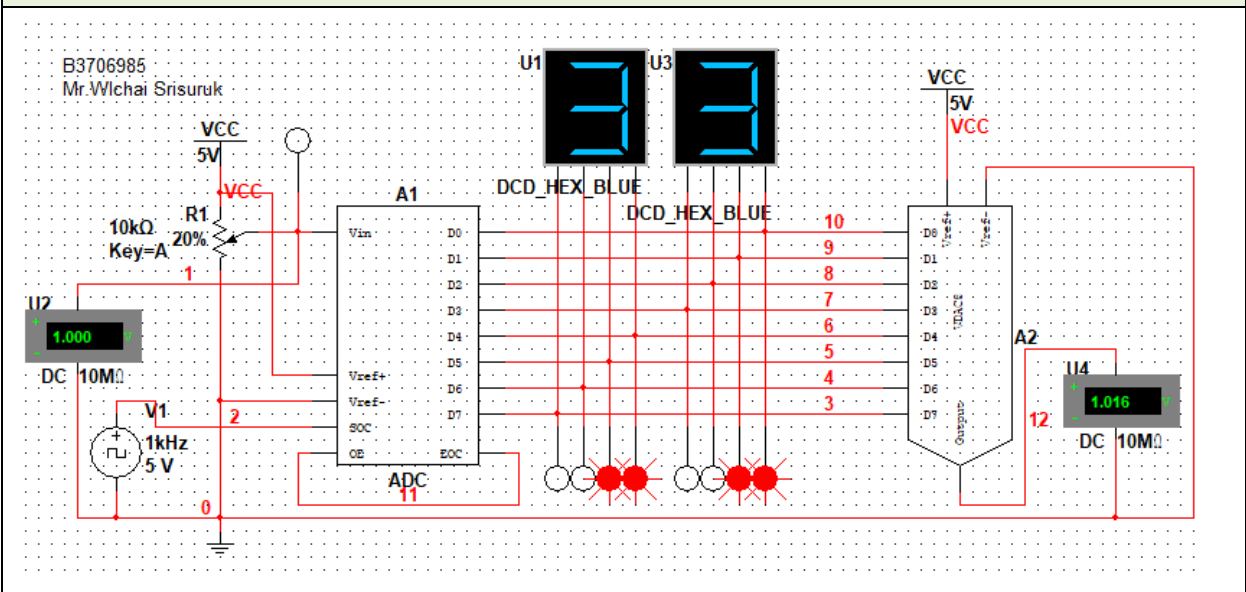
รูปที่ 8.12 วงจรการแปลง ADC และ DAC

16. ทดลองป้อนอินพุตที่แรงดันขาเข้า ที่ค่าต่างๆ แล้ววัดค่าสัญญาณดิจิตอลที่ได้พร้อมทั้งวัดแรงดันขาออก

แรงดันขาเข้า ประมาณ (โวลต์)	แรงดันขาเข้า วัด (โวลต์)	ค่า Digital Output (BIN)	ค่า Digital Output (HEX)	แรงดันขาออก วัด (โวลต์)
1.0	1.0	0011 0011	33	1.016
2.0				
3.0				
4.0				
5.0				

17. กรณีจำลองการทำงานด้วย Multisim_14

V_Input = 1.000V, Digital Out = 0011 0011, V_Output = 1.016V



18. ทดลองป้อนอินพุตที่แรงดันขาเข้า ค่าที่เหลือ

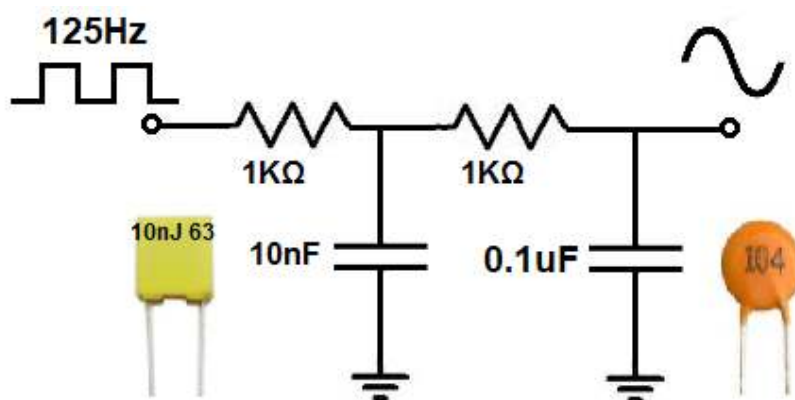
V_Input = 2.000V, Digital Out = , V_Output =

V_Input = 3.000V, Digital Out = , V_Output =

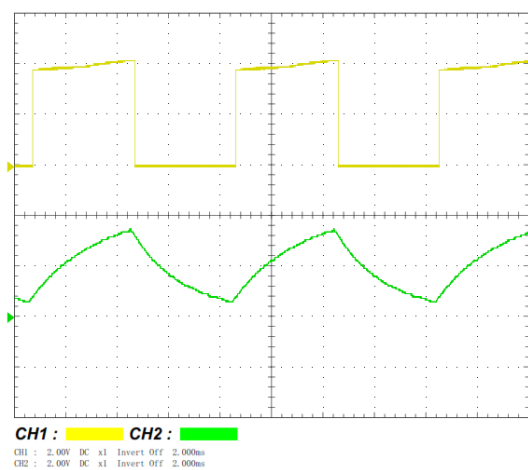
V_Input = 4.000V, Digital Out = , V_Output =

V_Input = 5.000V, Digital Out = , V_Output =

19. สร้างสัญญาณอินพุตเป็น Sin Wave ความถี่ 125Hz จากสัญญาณ Pulse ด้วยวงจร LPF

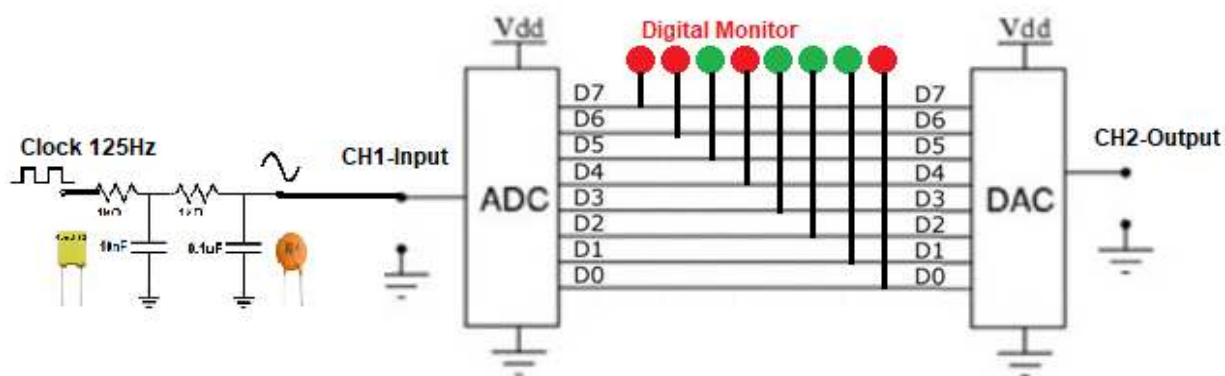


20. หากวงจรทำงานได้ถูกต้อง จะได้สัญญาณดังนี้

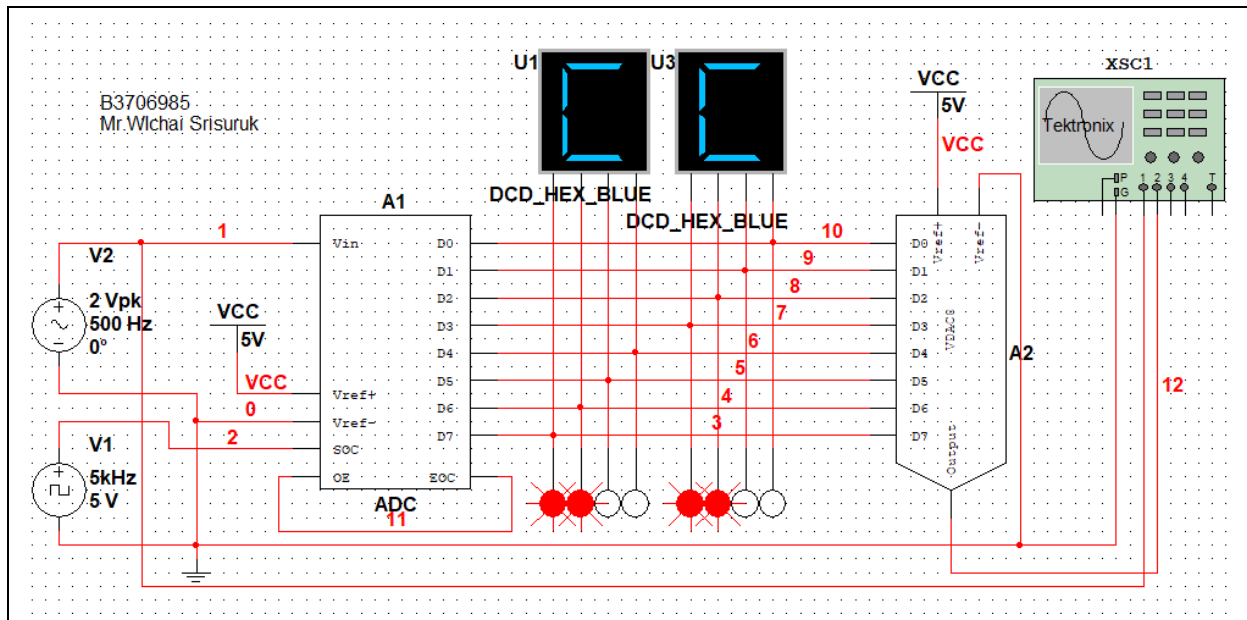


รูปที่ 8.13 สัญญาณที่ป้อนให้กับวงจรไอซี ADC0804

21. ต่อวงจรทดสอบ



22. ป้อนสัญญาณอินพุตเป็น Sin Wave(500HZ, 2Vp, Offset 2V) แล้ววัดสัญญาณขาออก

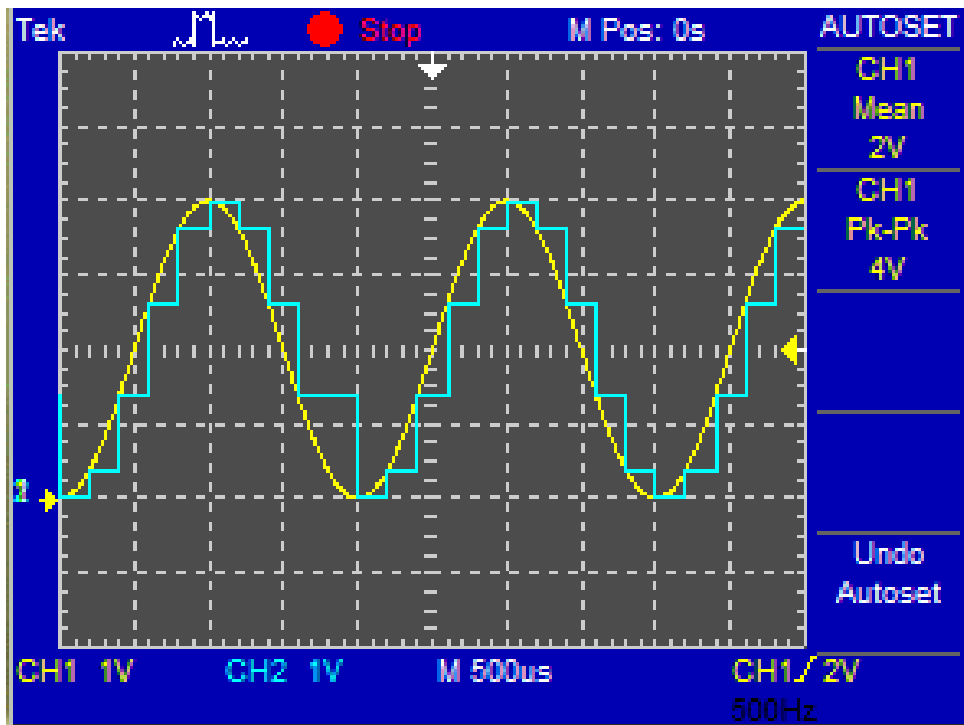


Input = 2Vp, Offset=2V, Freq=500Hz

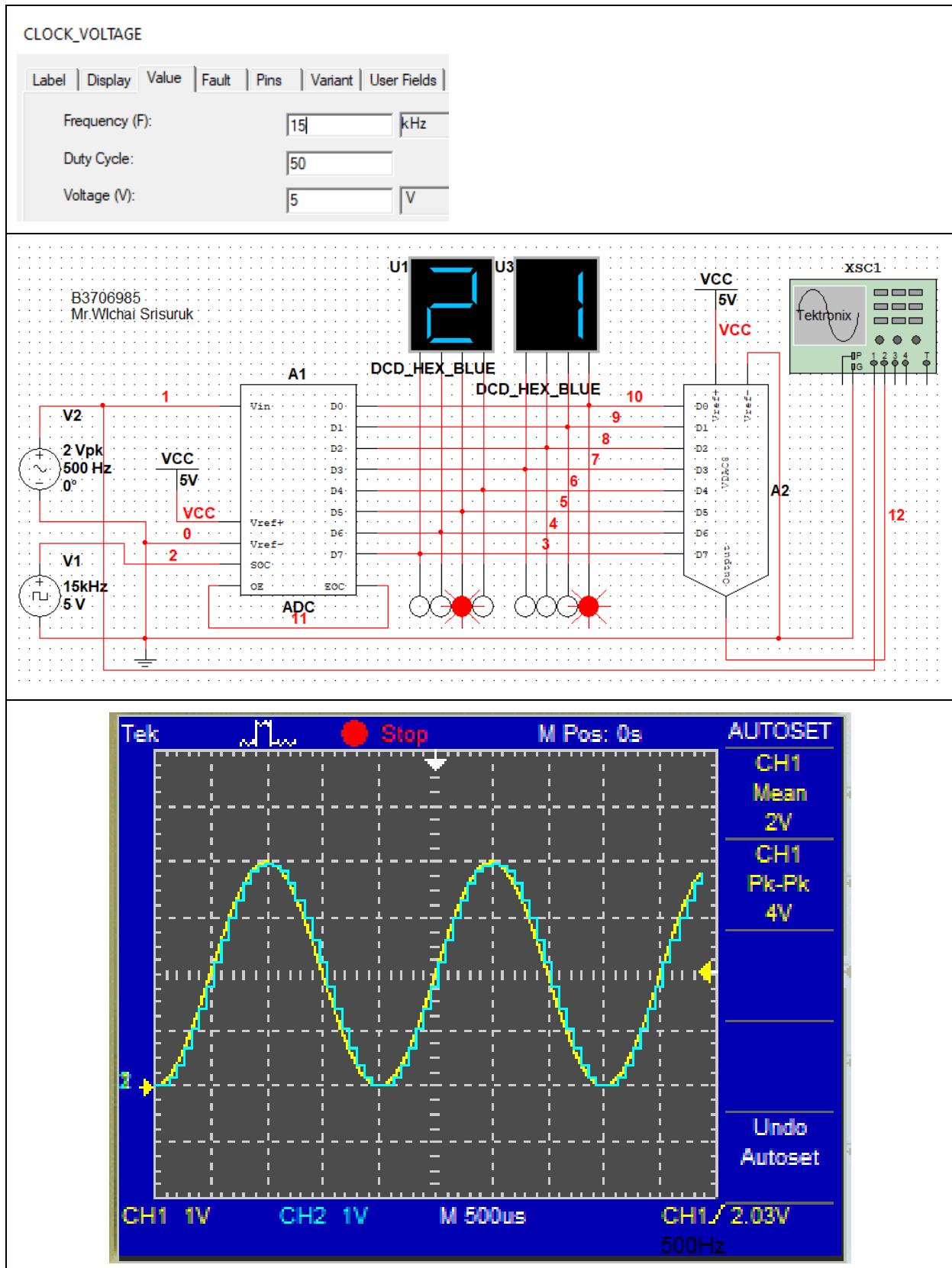
Voltage (Pk):	2	V
Voltage Offset:	2	V
Frequency (F):	500	Hz
Time Delay:	0	sec

SOC → 5kHz, 50%, 5V

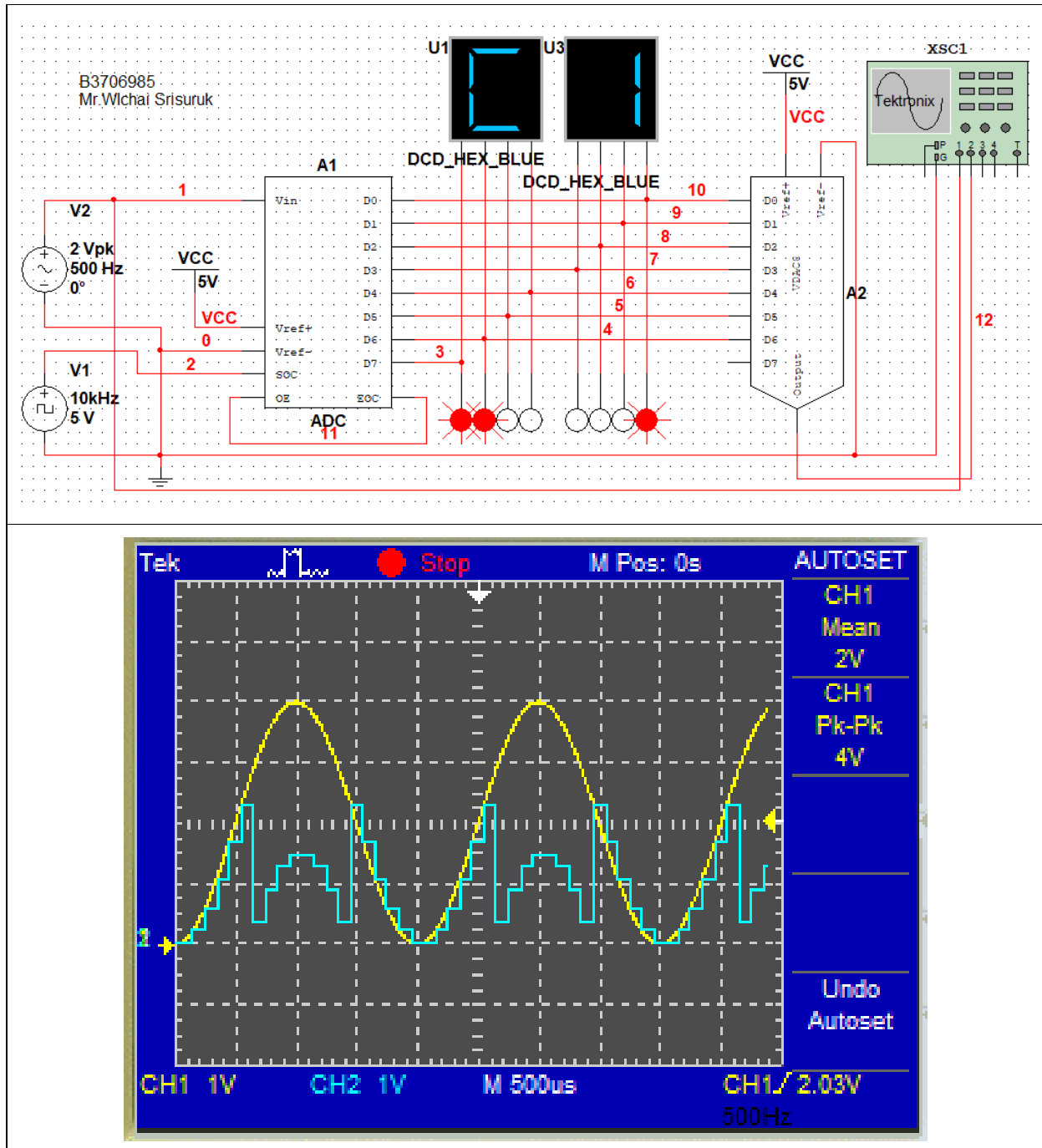
Frequency (F):	5	kHz
Duty Cycle:	50	
Voltage (V):	5	V



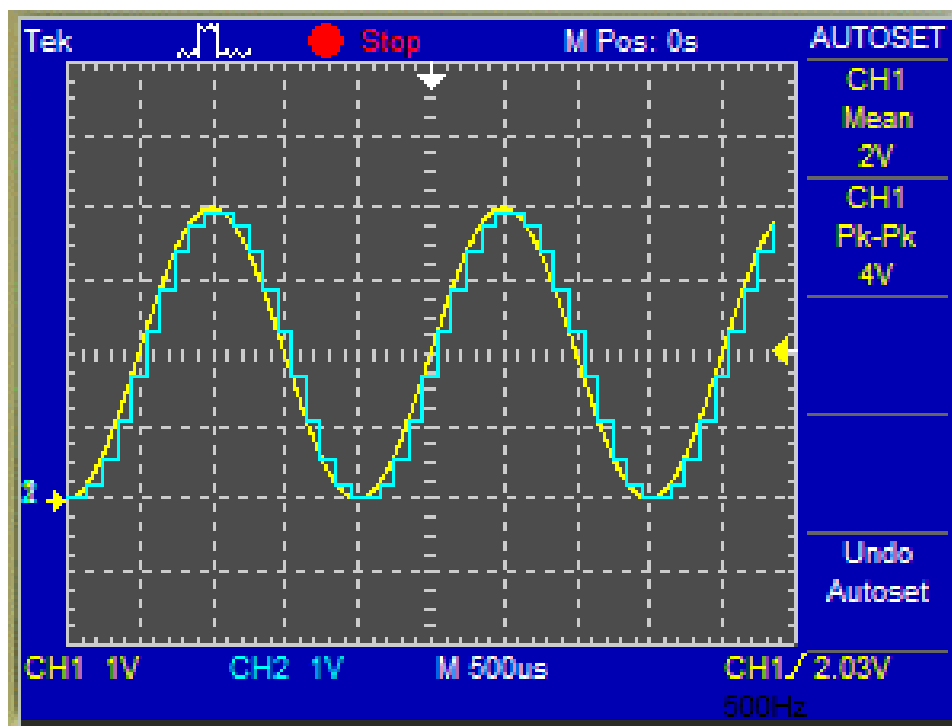
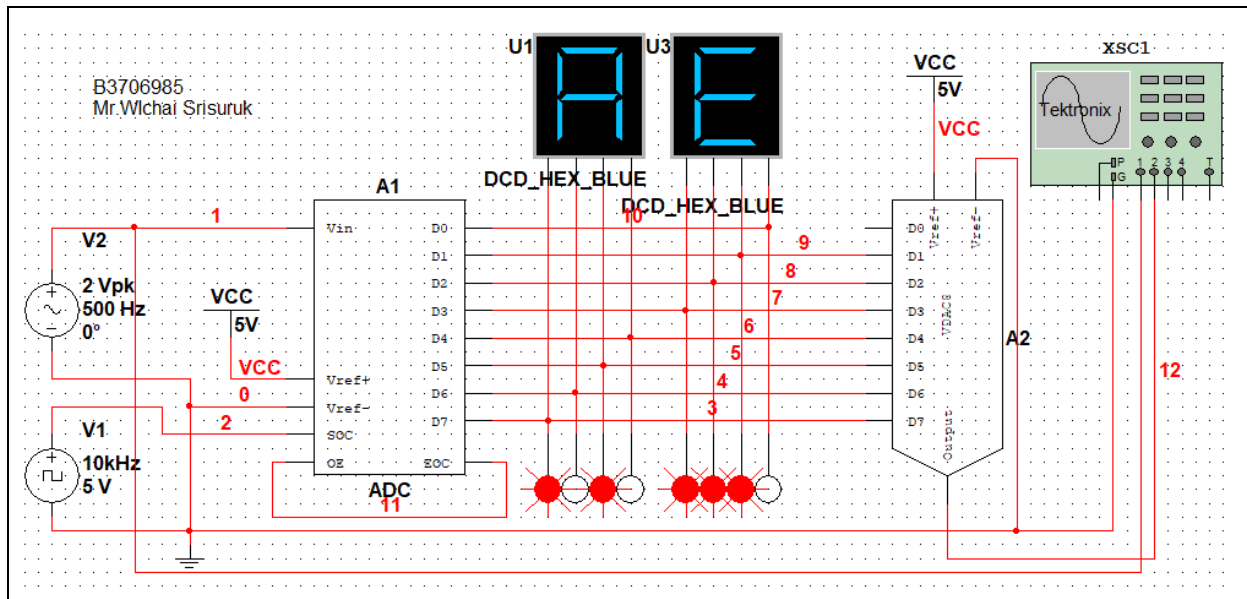
23. ปรับ SOC จาก 5kHz เป็น 15kHz (ทดสอบเสร็จให้ใช้ SOC 10kHz)



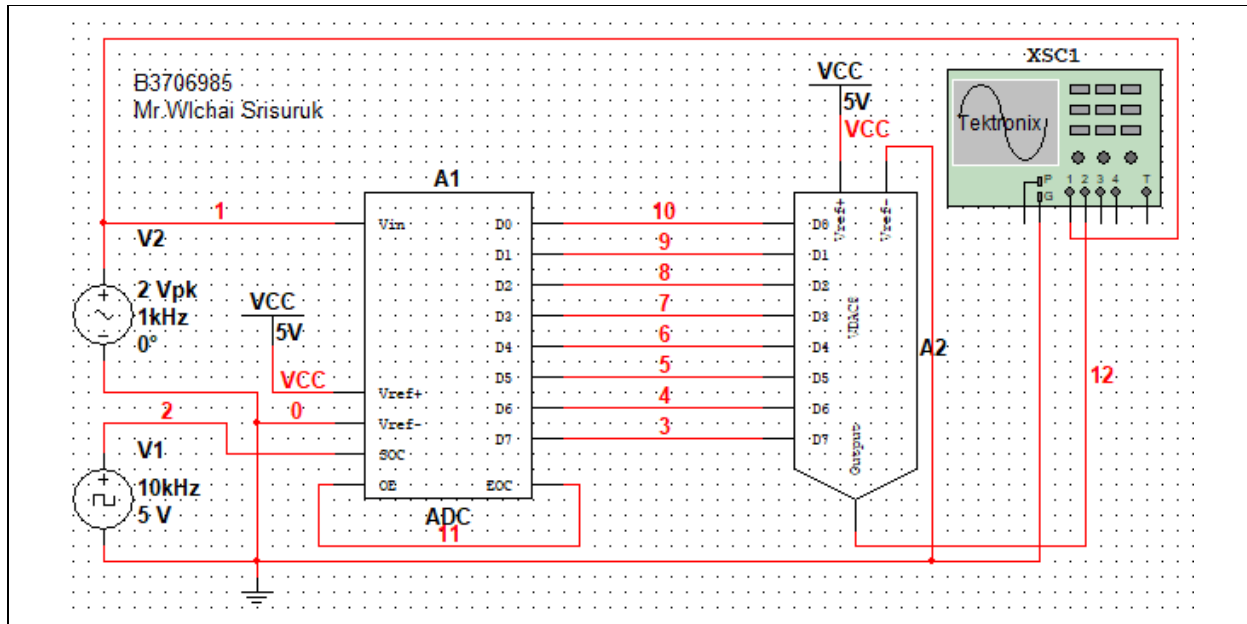
24. ถอดสายสัญญาณดิจิทัลบิต D7 ออก วัดสัญญาณขาออก (ต่อ D7 กลับที่เดิมด้วย)



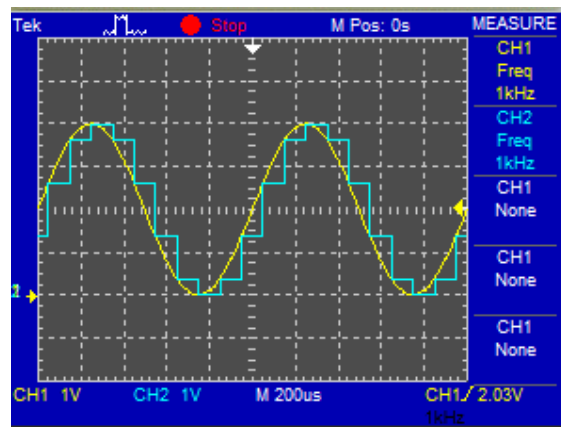
25. ถอดสายสัญญาณดิจิตอลบิต D0 ออก วัดสัญญาณขาออก (ต่อ D0 กลับที่เดิมด้วย)



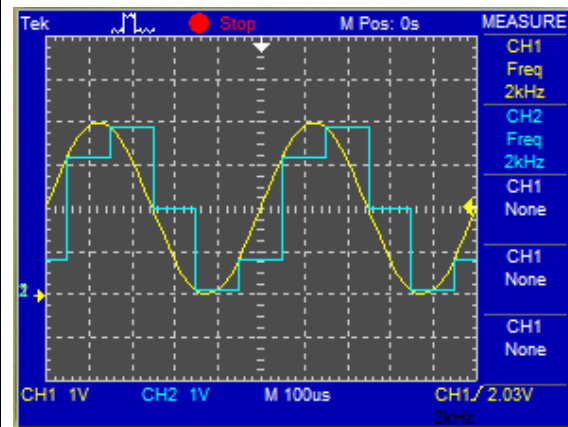
26. กำหนดความถี่ SOC = 10kHz ทดลองป้อนอินพุตเป็น Sin Wave ที่ความถี่ 1.0kHz - 10.0kHz วัดความถี่สัญญาณเอาต์พุต



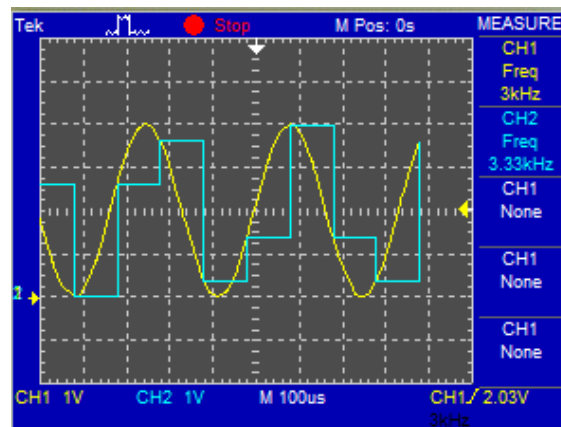
Input = 1.0 kHz



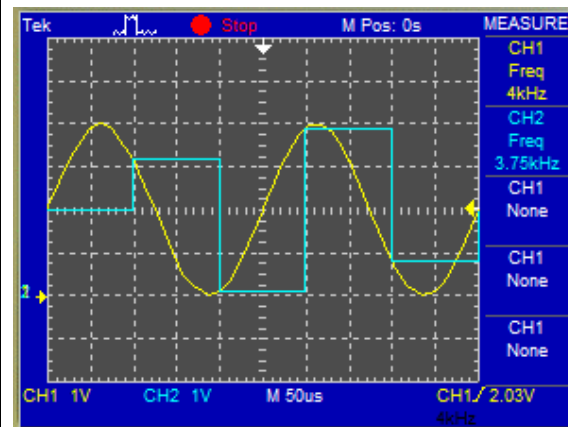
Input = 2.0 kHz



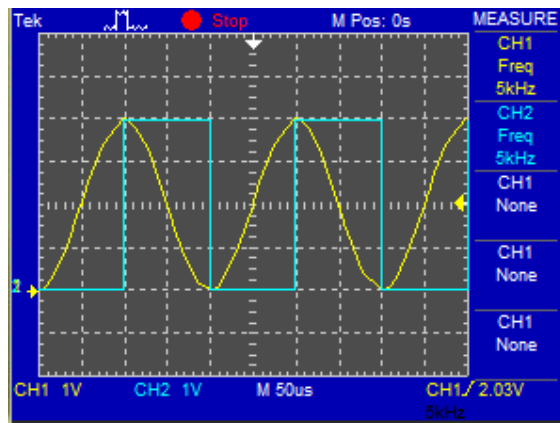
Input = 3.0 kHz



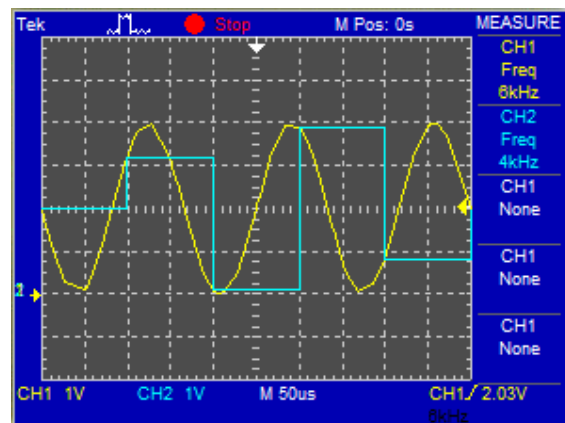
Input = 4.0 kHz



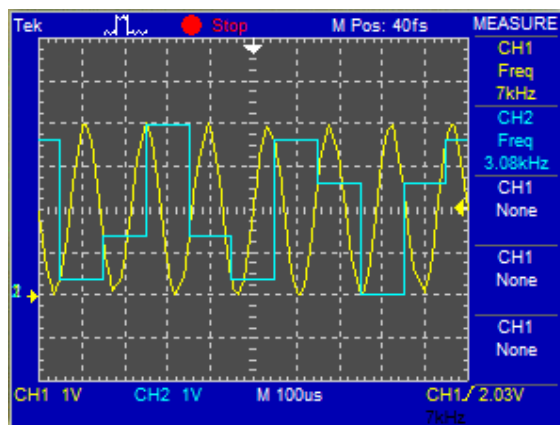
Input = 5.0 kHz



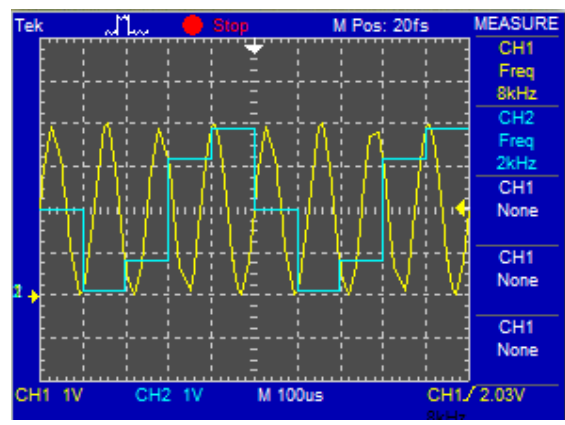
Input = 6.0 kHz



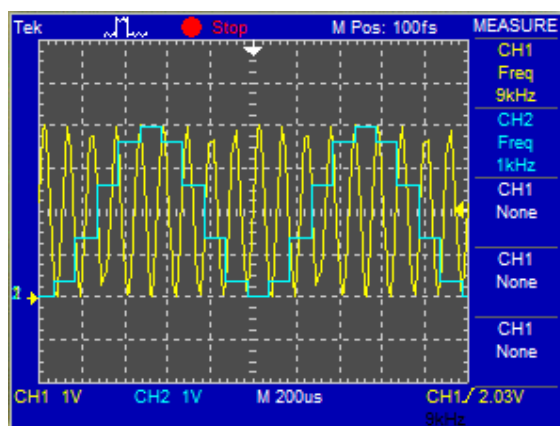
Input = 7.0 kHz



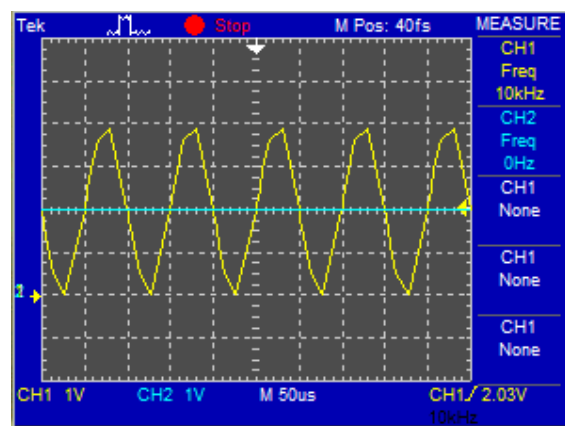
Input = 8.0 kHz



Input = 9.0 kHz



Input = 10 kHz



6. สรุปผลการทดลอง

การทดลองตอนที่ 1/3: การทำงานของวงจร DAC

การทดลองตอนที่ 2/3: การทำงานของวงจร ADC

การทดลองตอนที่ 3/3: วงจรแปลง ADC และ DAC

3. การเปลี่ยนแปลงค่าดิจิตอล 1 บิต ในวงจร DAC 4 บิตและ DAC 8 บิต มีแรงดันกิโลวัตต์

6. ค่า Conversion time ในการแปลงแอนนาลอกเป็นดิจิตอลคืออะไร, ไอซี ADC0804 มี Conversion time เท่าใด และยกตัวอย่างไอซีที่มี Conversion time ดีที่สุดที่ได้จากอินเทอร์เน็ต(printout แนบรายงาน)

10. การแปลง DAC และ ADC จำนวนบิตมาก ดีอย่างไร

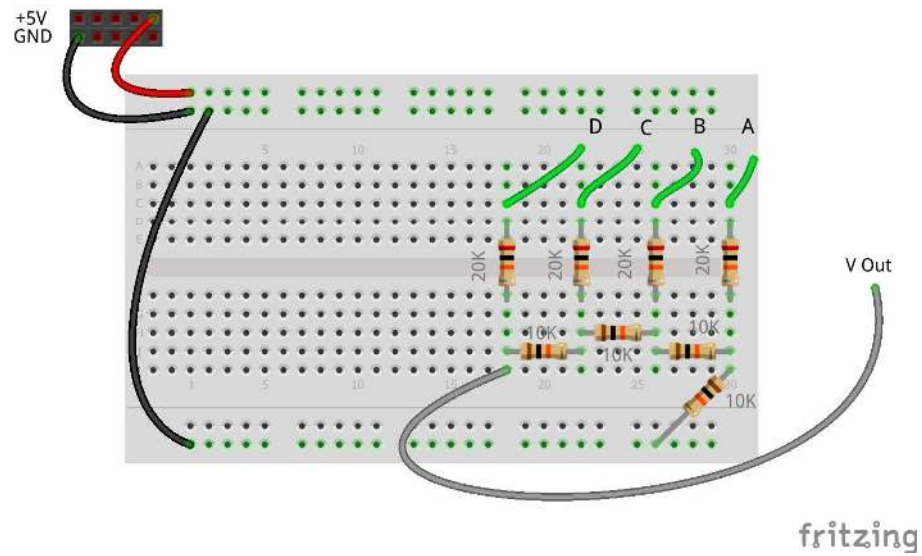
[illegible][illegible][illegible]

คำแนะนำอย่างย่อ เพื่อการทดลอง

การทดลองที่ 1 – DAC Circuit

วงจร 1 – 4Bit DAC

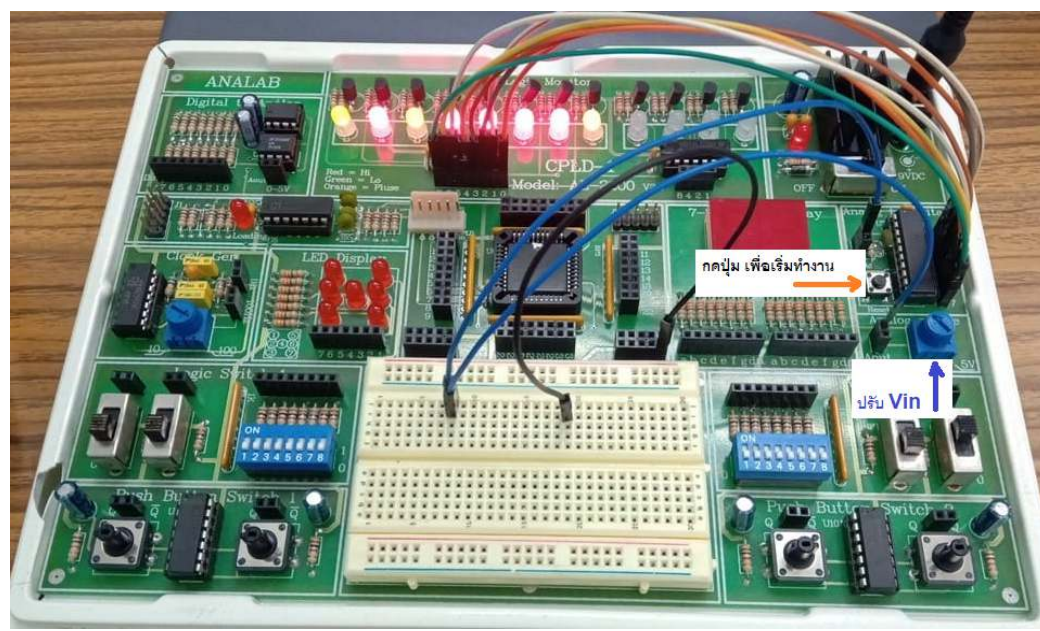
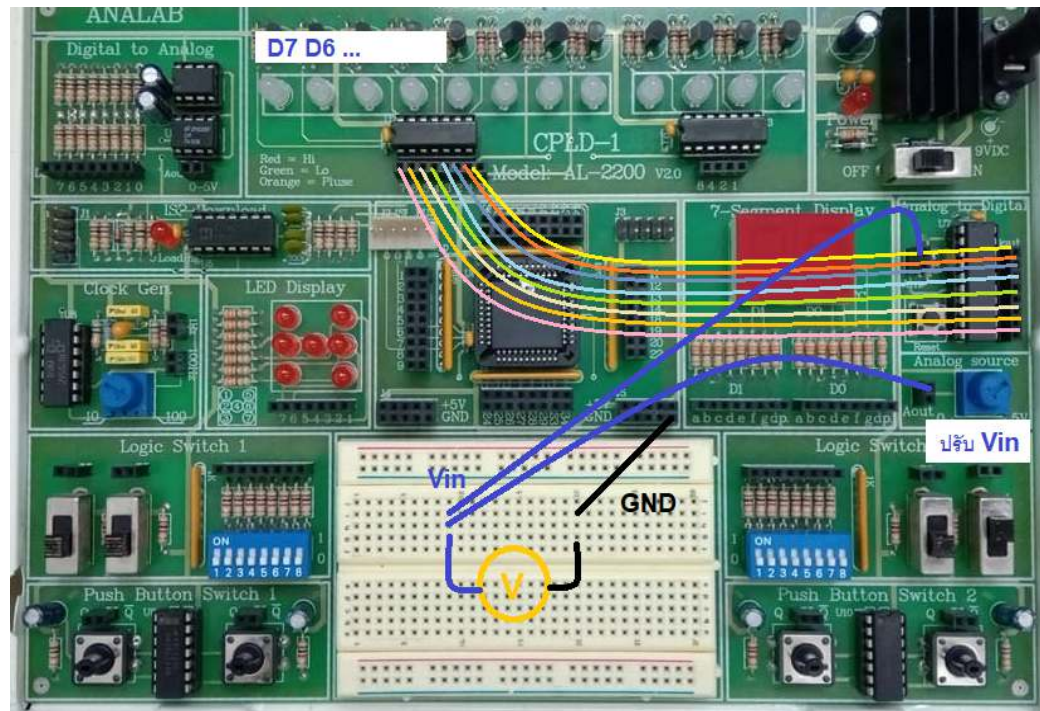
การต่อวงจร DAC แบบ 4 Bit



วงจร 2 – 8Bit DAC

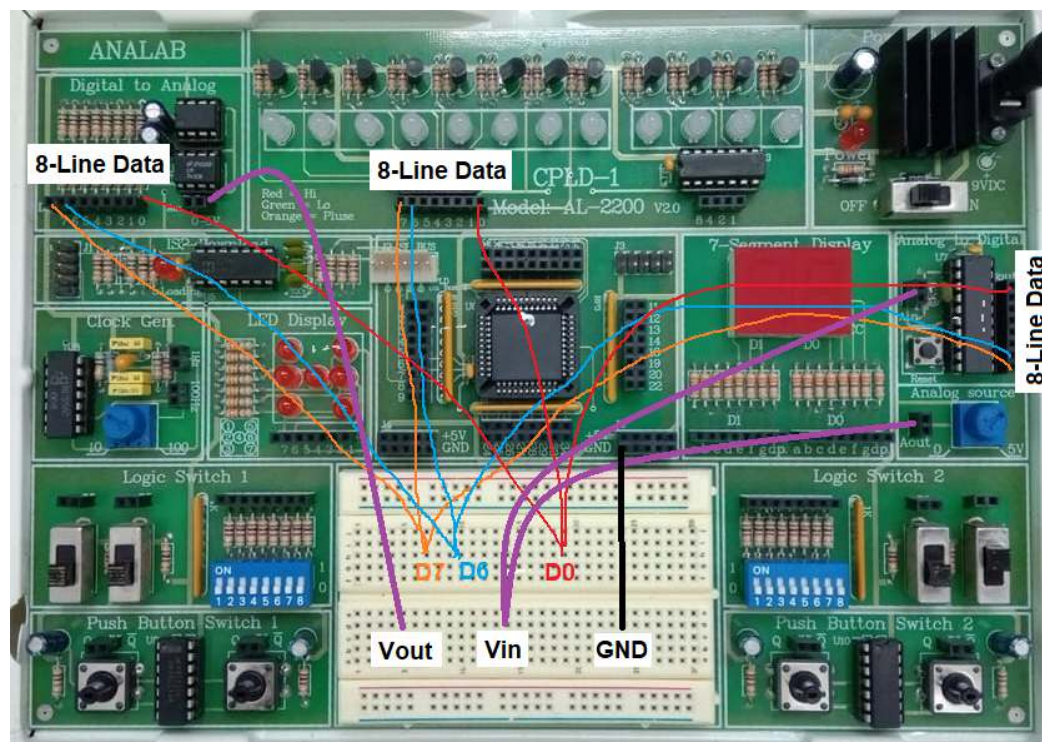
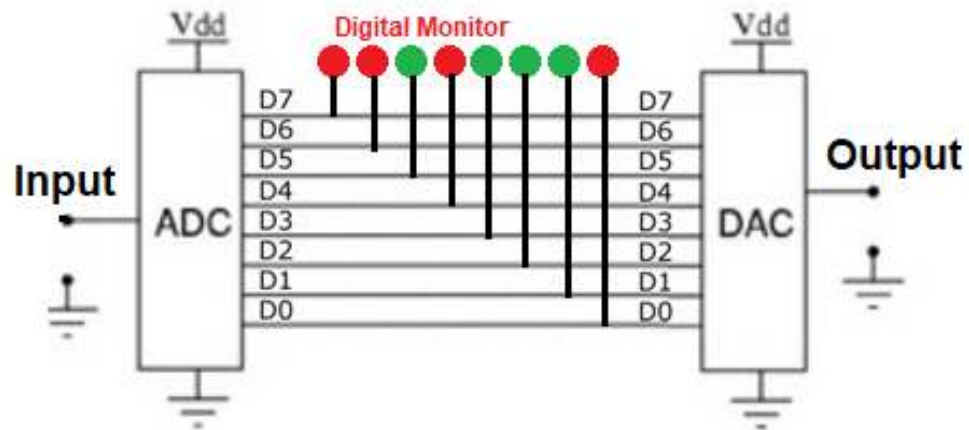
การทดลองที่ 2 – ADC Circuit

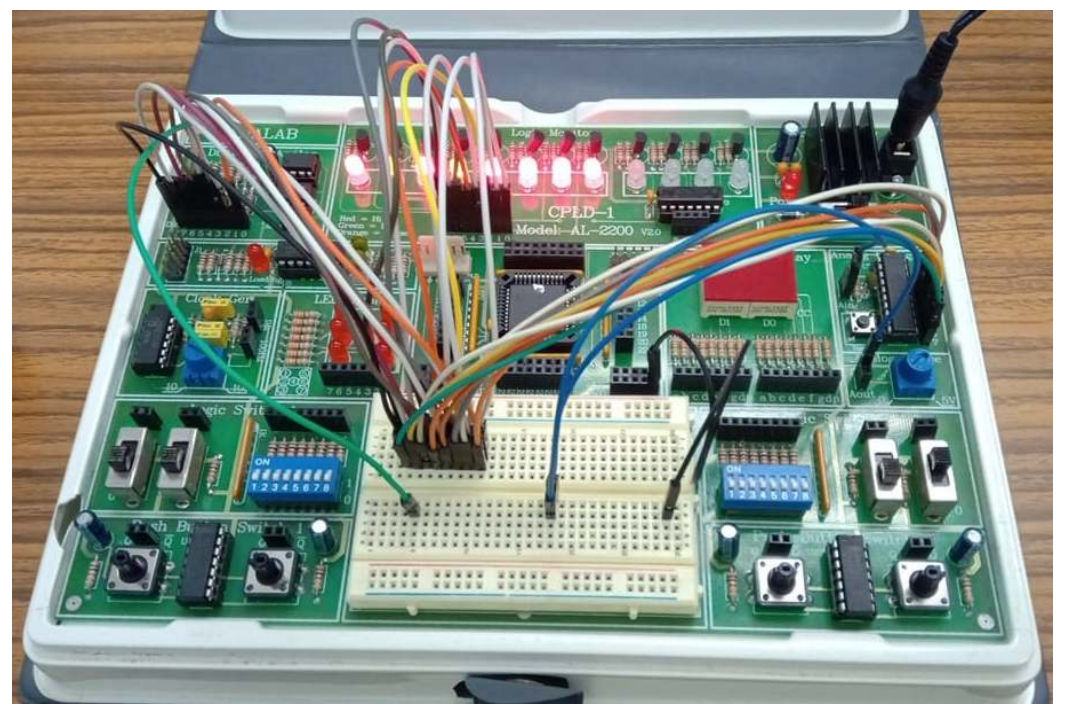
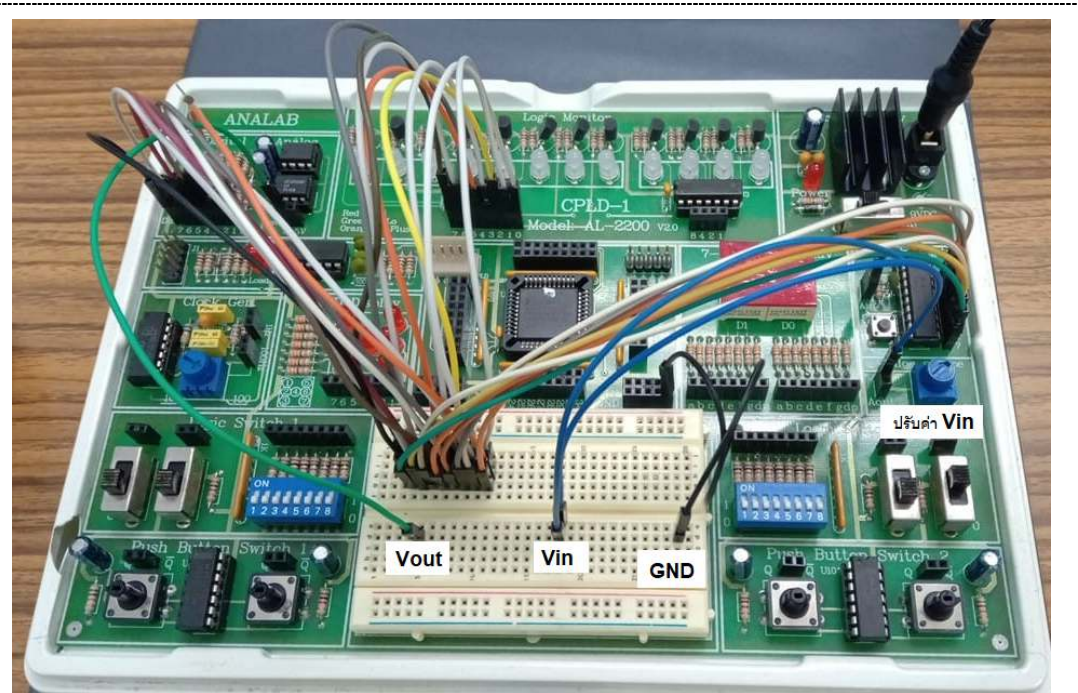
วงจร 3 – ADC with DAC0804

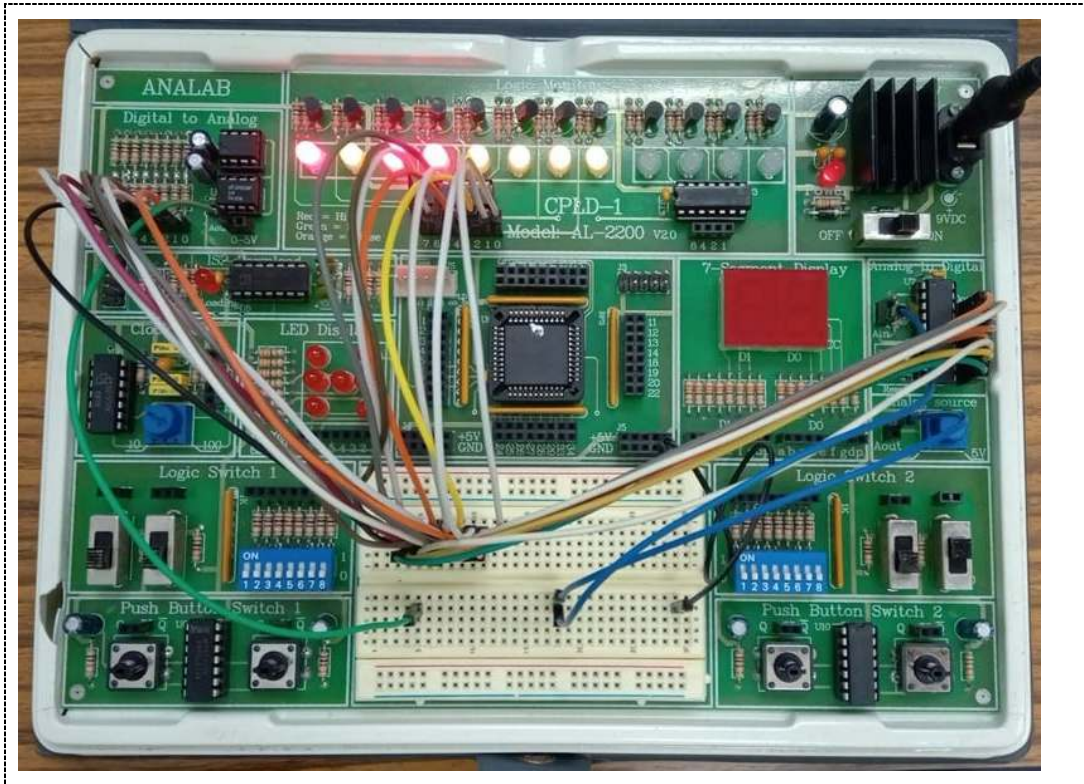


การทดลองที่ 3 – ADC and DAC Circuit

วงจร 4a – ADC and DAC on CPLD Board, DC Test

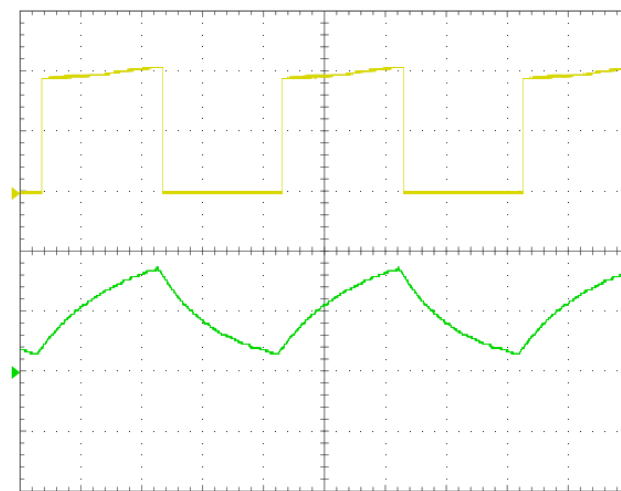
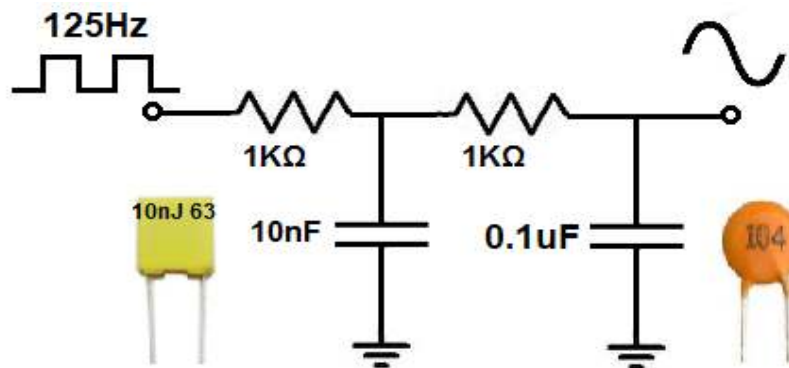
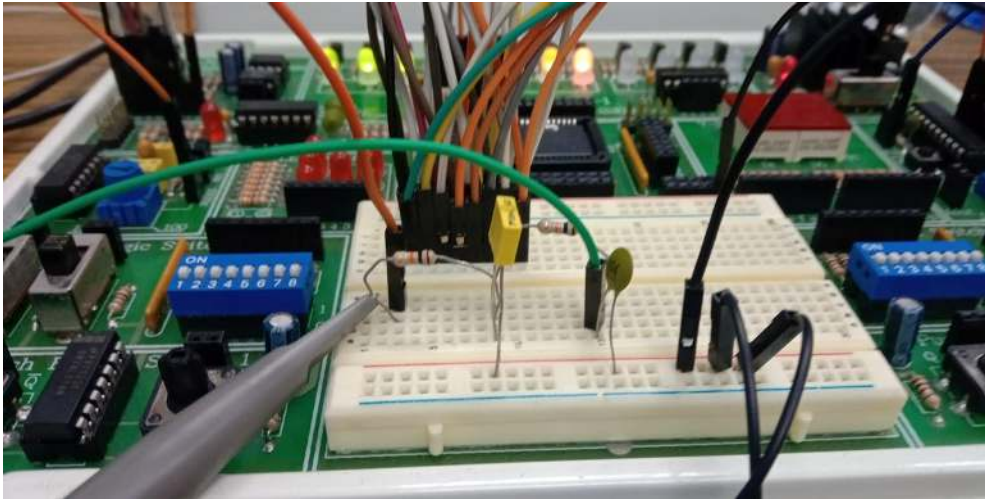






วงจร 4b – ADC and DAC on CPLD Board – Sine Test

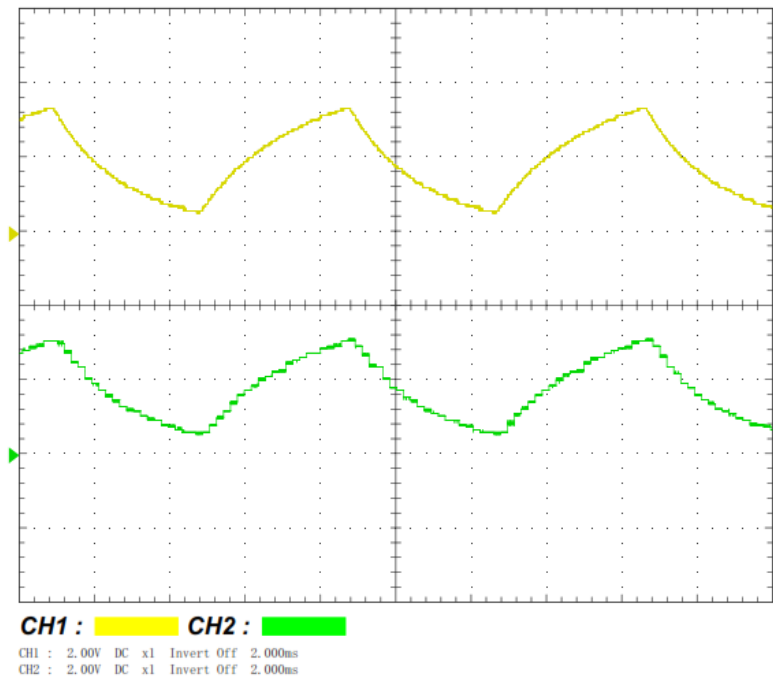
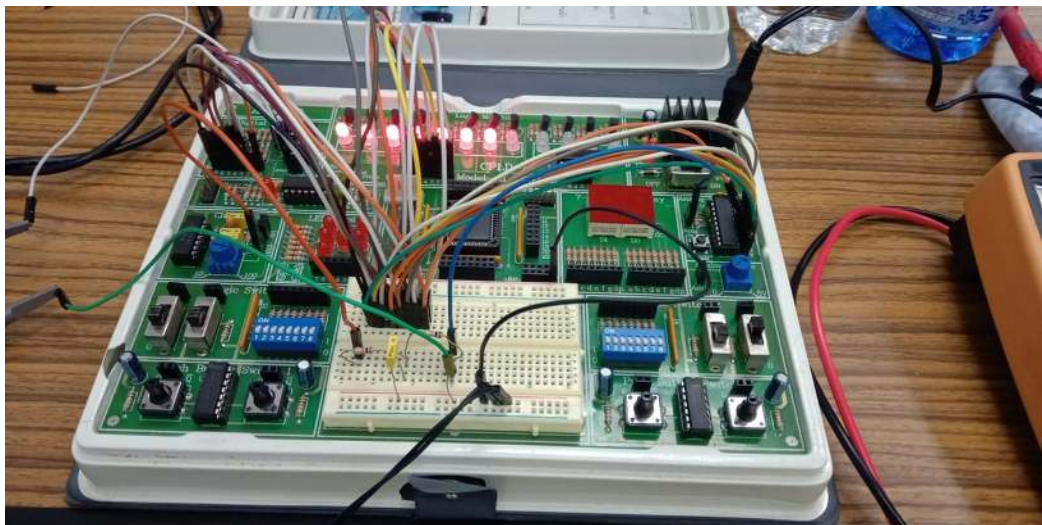
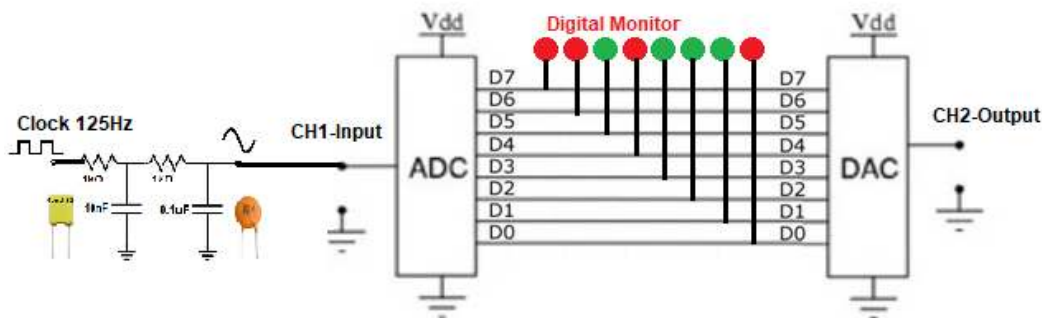
LPF – กรองสี่เหลี่ยมแล้วได้ไซน์



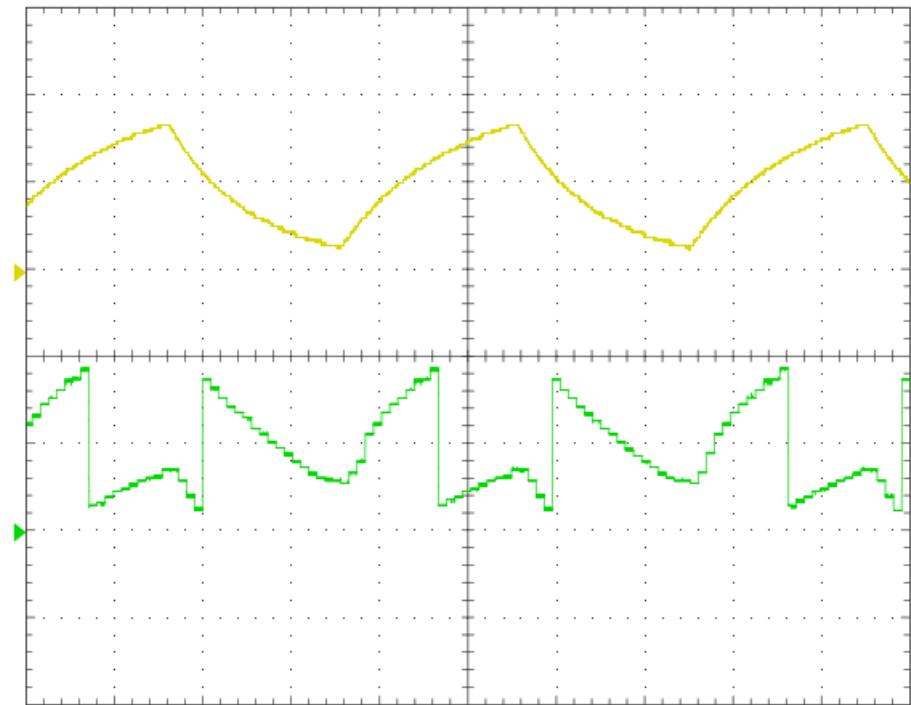
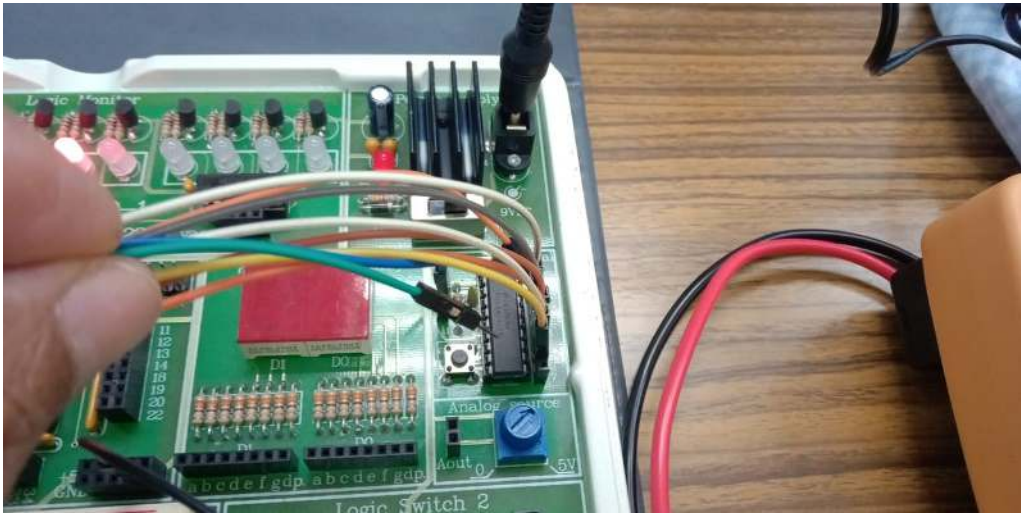
CH1 : CH2 :

CH1 : 2.00V DC x1 Invert Off 2.000ms
CH2 : 2.00V DC x1 Invert Off 2.000ms

ตัวอย่าง ทดสอบ

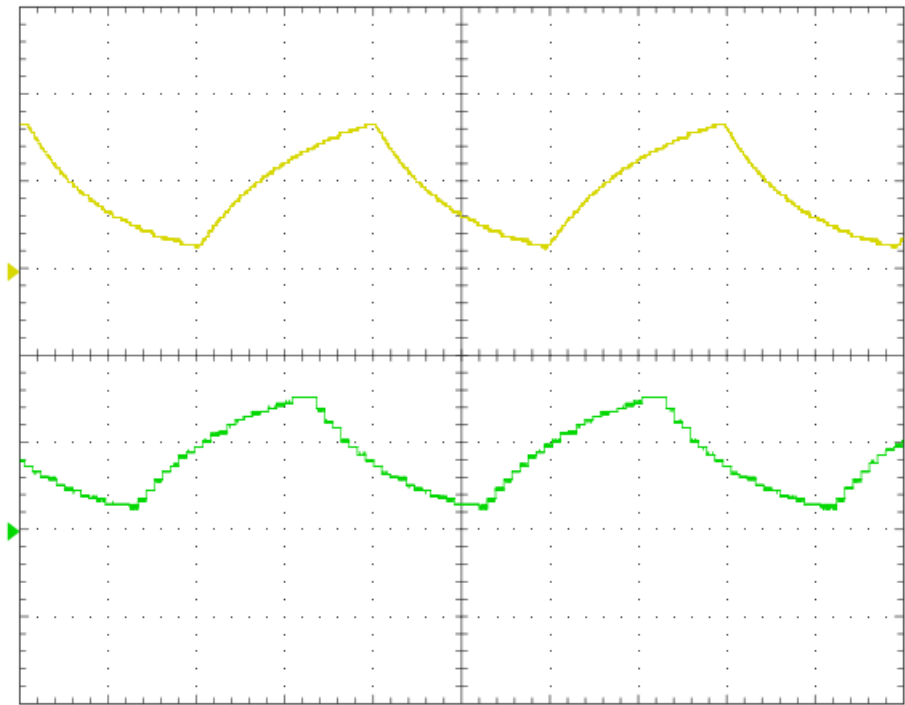


ถอดสาย D7 ออก



CH1 : **CH2 :**
CH1 : 2.00V DC x1 Invert Off 2.000ms
CH2 : 2.00V DC x1 Invert Off 2.000ms

ถอดสาย D0 ออก



CH1 : **CH2 :**
CH1 : 2.00V DC x1 Invert Off 2.000ms
CH2 : 2.00V DC x1 Invert Off 2.000ms