	ใบเนื้อหา		หน้าที่ 1
	ชื่อวิชา ดิจิทัลและไมโครคอนโทรลเลอร์ รหัสวิชา 30127-2004		หน่วยที่ 5
	ชื่อหน่วย การแปลงสัญญาณ A/D และ D/A		

ชื่อเรื่อง การแปลงสัญญาณ A/D และ D/A

## หน่วยที่ 5 การแปลงสัญญาณ A/D และ D/A

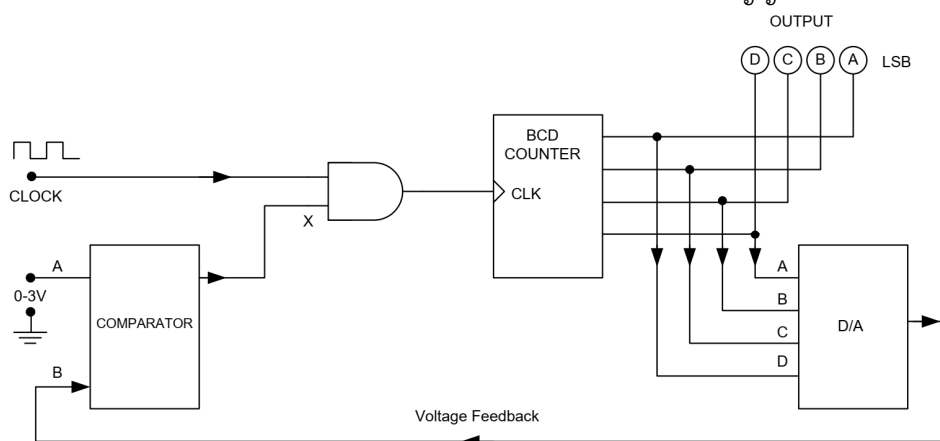
### การแปลงสัญญาณ A/D และ D/A

#### 1. การแปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นดิจิทัล (Analog to Digital Converter : ADC)


การเกิดขึ้นของปริมาณทางกายภาพของธรรมชาติในโลกเป็นค่าแบบอนาล็อก ซึ่งสัญญาณแบบอนาล็อกเป็นการเปลี่ยนแปลงแบบต่อเนื่อง เช่น พรอทในหลอดเทอร์โมมิเตอร์เมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้น พรอทจะมีการขยายตัวแบบอนาล็อกอย่างต่อเนื่องสัมพันธ์กับมาตราส่วนค่าที่ใช้ในการวัดค่าของอุณหภูมิ ส่วนในระบบดิจิทัลมีการทำงานที่ค่าดิจิทัลที่ไม่ต่อเนื่องซึ่งใช้แทนค่าปริมาณของจำนวน ตัวอักษร หรือสัญลักษณ์ ที่ค่าระหว่างสภาวะของการทำงานที่ค่า ON และ OFF เขียนแทนด้วย 0 และ 1 ตัวอย่างของเทอร์โมมิเตอร์แบบอนาล็อกที่มีการแสดงค่าอุณหภูมิที่ 35 องศาสามารถที่จะแทนค่าของตัวเลขด้วยการเรียงกันของระดับแรงดัน ON และ OFF ได้ที่ระดับแรงดันรูปแบบดิจิทัลที่ค่า 00010011 ด้วยคุณลักษณะของการใช้ระดับค่าของแรงดันแบบ ON และ OFF นี้เมื่อนำมาใช้กับวงจรดิจิทัลทำให้สามารถจัดการหรือเก็บบันทึกข้อมูลเหล่านี้ได้ง่ายขึ้นด้วยการแทนค่าของระดับอนาล็อกทั้งหมดในช่วงที่จำกัดของแรงดัน ON และ OFF โดยปกติที่ค่า +5V = ON และ 0V = OFF ดังนั้นจึงต้องมีอุปกรณ์ที่ใช้แปลงค่าทางกายภาพที่มีการตอบสนองอย่างต่อเนื่องเป็นค่าการเปลี่ยนแปลงทางสัญญาณไฟฟ้าแบบอนาล็อก และใช้อุปกรณ์ที่ทำการแปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นดิจิทัล (A/D Converter) เพื่อนำค่าปริมาณทางกายภาพต่าง ๆ ในธรรมชาติมาใช้กับระบบดิจิทัลเพื่อนำมาใช้ในประมวลผล การวิเคราะห์หรือการแสดงค่าที่มีความละเอียดและเที่ยงตรงขึ้น

#### 1.1 วงจรแปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นดิจิทัลแบบสัญญาณลาดเอียง

วงจรการแปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นดิจิทัลแบบสัญญาณลาดเอียง เป็นวงจรพื้นฐานดังแสดงในรูปที่ 1.1 ทางด้านอินพุตรับแรงดันอนาล็อกค่าแรงดันตั้งแต่ 0 – 3 V แล้วแปลงแรงดันเป็นสัญญาณดิจิทัลขนาด 4 บิต



รูปที่ 1.1 วงจรพื้นฐานการแปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นดิจิทัลขนาด 4 บิต

	ใบเนื้อหา		หน้าที่ 2
	ชื่อวิชา ดิจิทัลและไมโครคอนโทรลเลอร์ รหัสวิชา 30127-2004		หน่วยที่ 5
	ชื่อหน่วย การแปลงสัญญาณ A/D และ D/A		

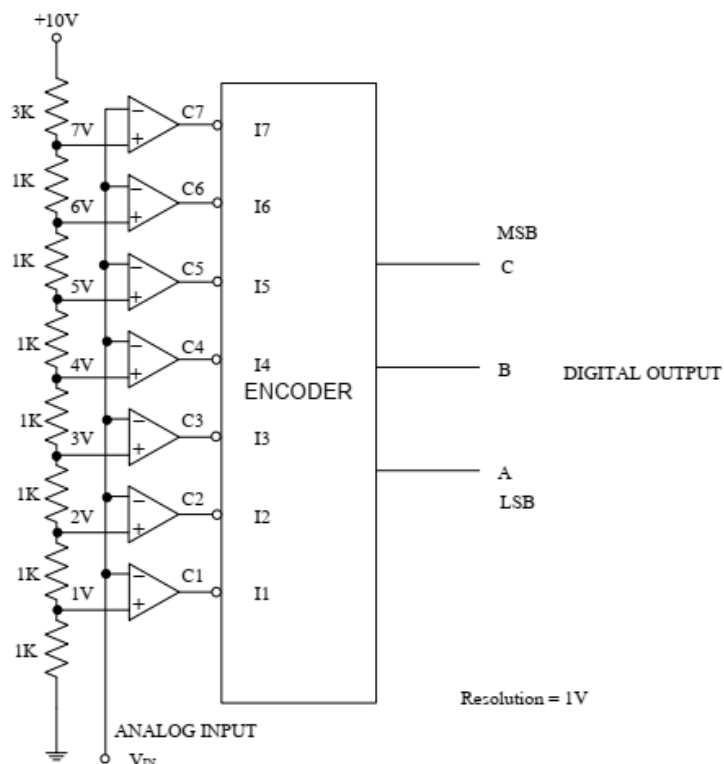
### ชื่อเรื่อง การแปลงสัญญาณ A/D และ D/A

ซึ่งมีส่วนประกอบด้วยกัน 4 ส่วนดังนี้


1. วงจรเปรียบเทียบ (Comparator) ทำหน้าที่เปรียบเทียบแรงดันอนาล็อกอินพุตที่จุด A กับแรงดันป้อนกลับที่จุด B เพื่อส่งสัญญาณลอจิกไปควบคุมสัญญาณนาฬิกา
2. วงจรแอนด์เกต (AND Gate) ทำหน้าที่ เปิด- ปิด สวิตช์สัญญาณนาฬิกา เพื่อป้อนเข้าวงจรนับ
3. วงจรนับบีซีดี (BCD Counter) เป็นวงจรนับขนาด 4 บิต เพื่อแสดงผลการนับตามจำนวนสัญญาณนาฬิกาที่แอนด์เกตจ่ายออกมา แล้วส่งสัญญาณดิจิทัลไปยังวงจร D/A
4. วงจรแปลงสัญญาณดิจิทัลเป็นอนาล็อก(D/A) ทำหน้าที่แปลงรหัสดิจิทัลที่แสดงผลทางไบนารีเอาต์พุตให้เป็นแรงดันอนาล็อก เพื่อป้อนกลับไปที่อินพุต B ซึ่งแรงดันนี้จะเป็นลักษณะลาดเอียง

#### 1.2 วงจรแปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นดิจิทัลแบบแฟลช

วงจรแปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นดิจิทัลแบบแฟลช เป็นวงจรแปลงสัญญาณที่มีความเร็วกว่าแบบลาดเอียง และถ้าวงจรแบบแฟลชมีจำนวนบิตที่มาก ๆ ขนาดของวงจรจะใหญ่กว่าแบบอื่น ๆ เช่น ถ้าวงจรแปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นดิจิทัลที่มีเอาต์พุตขนาด 8 บิต จะมีวงจรเปรียบเทียบแรงดันถึง 255 ( $2^8 - 1$ ) วงจร โดยในรูปที่ 1.2 เป็นวงจรแปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นดิจิทัลขนาด 3 บิต จะต้องใช้วงจรเปรียบเทียบแรงดันเท่ากับ  $2^3 - 1 = 7$  วงจร



รูปที่ 1.2 วงจรแปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นดิจิทัลแบบแฟลชพื้นฐาน

	ใบเนื้อหา		หน้าที่ 3
	ชื่อวิชา ดิจิทัลและไมโครคอนโทรลเลอร์ รหัสวิชา 30127-2004		หน่วยที่ 5
	ชื่อหน่วย การแปลงสัญญาณ A/D และ D/A		

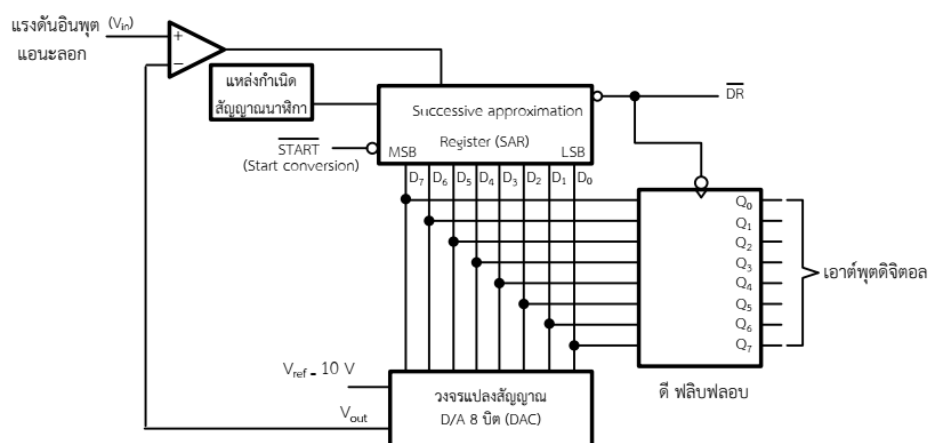
### ชื่อเรื่อง การแปลงสัญญาณ A/D และ D/A

แรงดันอินพุต	เอาต์พุตของวงจรเปรียบเทียบ							ดิจิตอลเอาต์พุต		
V <sub>in</sub>	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C	B	A
0 – 1V	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0
1 – 2V	0	1	1	1	1	1	1	0	0	1
2 – 3V	0	0	1	1	1	1	1	0	1	0
3 – 4V	0	0	0	1	1	1	1	0	1	1
4 – 5V	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0
5 – 6V	0	0	0	0	0	1	1	1	0	1
6 – 7V	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0
> 7V	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1


รูปที่ 1.3 รูปตารางการแปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นดิจิทัลแบบแฟลชพื้นฐาน

### 1.3 วงจรแปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นดิจิทัลด้วยการประมาณค่าต่อเนื่อง

วิธีการอื่น ๆ ของการแปลงสัญญาณ A/D ด้วยการใช่วงจรนับขึ้น /ลง และตัวแปลงสัญญาณการรวมความชัน (Integrating slope converters) ในการติดตามอินพุตอนาล็อก ด้วยวิธีการนี้ถูกใช้ในวงจรรวมใหม่ที่สุด ซึ่งวงจร ADC นี้เรียกว่า การประมาณค่าต่อเนื่อง (successive-approximation) และมีความคล้ายกันกับวงจรการแปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นดิจิทัลแบบสัญญาณลาดเอียง ยกเว้นวิธีการของการทำให้แคบลงของสัญญาณอินพุตอนาล็อกที่ไม่ทราบค่าเป็นการปรับปรุงมากขึ้นในการแทนค่าของการนับขึ้นจาก 0 และเปรียบเทียบเอาต์พุตของวงจร DAC ของค่าแรงดันอินพุตแต่ละขั้นแบบการประมาณค่าต่อเนื่องข้อมูลที่บันทึก (Successive-approximation register) ใช้ตัวย่อว่า SAR นี้ถูกใช้งานในวงจรตามรูปที่ 1.4



รูปที่ 1.4 วงจรแปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นดิจิทัลด้วยการประมาณค่าต่อเนื่องข้อมูลที่บันทึก (SAR)

	ใบเนื้อหา		หน้าที่ 4
	ชื่อวิชา ดิจิทัลและไมโครคอนโทรลเลอร์ รหัสวิชา 30127-2004		หน่วยที่ 5
	ชื่อหน่วย การแปลงสัญญาณ A/D และ D/A		

### ชื่อเรื่อง การแปลงสัญญาณ A/D และ D/A

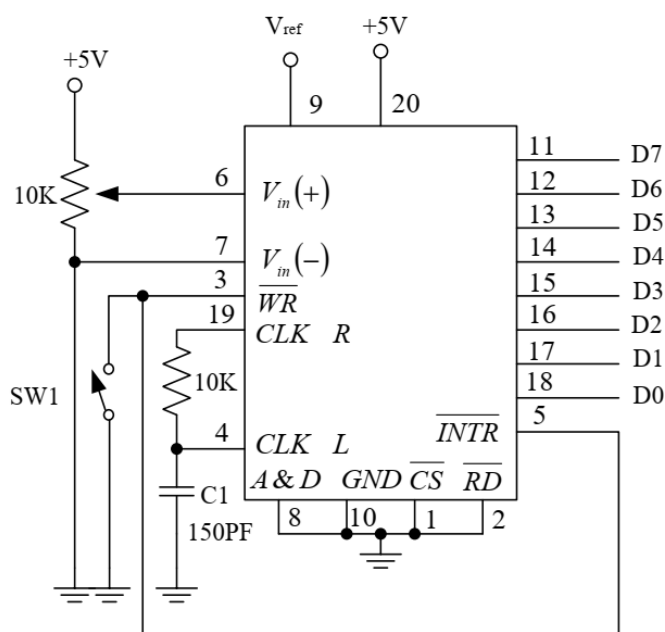
ข้อดีของวงจรแปลงสัญญาณ A/D แบบ SAR คือ การทำงานเป็นแบบความเร็วสูง วงจรแปลงสัญญาณในรูปที่ 1.4 มีการแปลงสัญญาณที่สมบูรณ์ใน 8 คาบเวลาของสัญญาณนาฬิกาเท่านั้น ซึ่งเป็นการปรับปรุงที่มากขึ้นจากวิธีการของวงจรการแปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นดิจิทัลแบบสัญญาณลาดเอียง

#### 1.4 วงจรรวมชนิดแปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นดิจิทัล


วงจรรวมชนิดแปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นดิจิทัล (ADC) มีใช้งานกันอย่างแพร่หลายในท้องตลาดไม่น้อยกว่า 300 เบอร์ ที่มีคุณสมบัติที่แตกต่างกัน วงจรรวมชนิด ADC แบ่งออกได้ 2 กลุ่มตามการใช้งานคือ (1) วงจรรวม ADC ชนิดเอาต์พุตเป็น BCD และ (2) วงจรรวม ADC ชนิดเอาต์พุตเป็นเลขฐาน 2 แต่ถ้าแบ่งชนิดของวงจรรวม ADC ตามการต่อใช้งานสามารถแบ่งออกได้เป็น 2 กลุ่มคือ (1) วงจรรวม ADC ชนิดข้อมูลเอาต์พุตเป็นสัญญาณรูปแบบขนาน และ (2) วงจรรวม ADC ชนิดข้อมูลเอาต์พุตเป็นสัญญาณรูปแบบอนุกรม โดยวงจรรวมชนิด ADC ได้แก่เบอร์ ADC0804 , ADC0832 , LTC1298 , CS5550 เป็นต้น

#### ไอซีวงจรรวมเบอร์ ADC0804

ไอซีวงจรรวมเบอร์ ADC0804 เป็นไอซีแปลงสัญญาณ แอนาล็อกเป็นดิจิทัลขนาด 8 บิต ซึ่งตำแหน่งขาต่าง ๆ ของ ADC0804 แสดงดังรูปที่ 1.5 มีความไวในการแปลงสัญญาณแต่ละรอบเท่ากับ 100us แบบต่อเนื่อง และรับแรงดันอนาล็อกอินพุตได้ในย่าน 0 ถึง +5V จะได้ค่าความแยกชัดต่อบิต (Resolution) คือ 19.6mV เมื่อ  $V_{CC} = +5V$  ดังนั้น  $1 \text{ LSB} = (5V/255) = 19.6mV$  การกำหนดแรงดันอ้างอิงสามารถกำหนดได้ทั้งขา 9 ( $V_{ref}/2V$ ) การกำหนดแรงดันอินพุตและความแยกชัดของไอซีวงจรรวมเบอร์ ADC0804 แสดงได้ดังรูปตารางที่ 1.6



รูปที่ 1.5 วงจรแปลงอนาล็อกเป็นดิจิทัลโดยไอซีเบอร์ ADC0804

	ใบเนื้อหา		หน้าที่ 5
	ชื่อวิชา	ดิจิทัลและไมโครคอนโทรลเลอร์ รหัสวิชา 30127-2004	หน่วยที่ 5
	ชื่อหน่วย การแปลงสัญญาณ A/D และ D/A		

ชื่อเรื่อง การแปลงสัญญาณ A/D และ D/A

Vref/2V	แรงดันอินพุต(V)	ค่าความแยกชัด(mV)
เปิดวงจร	0-5.0	19.6
2.25	0-4.5	17.6
2.00	0-4.0	15.7
1.50	0-3.0	11.8

รูปที่ 1.6 รูปตารางการกำหนดแรงดันอ้างอิงและค่าความแยกชัด (Resolution)

สัญญาณนาฬิกาที่ใช้กับวงจรนี้ทำได้ 2 ทางคือ ใช้สัญญาณนาฬิกาจากภายนอกความถี่ 100kHz ถึง 800kHz ป้อนเข้าที่ขา 4 (CLK IN) อีกวิธีหนึ่งคือใช้สัญญาณนาฬิกาจากภายในจากขา 19 โดยสามารถกำหนดความถี่ของสัญญาณนาฬิกาได้จากวงจรตัวต้านทาน และตัวเก็บประจุจากภายนอก โดยค่าความถี่หาได้จากสมการที่ 1.1

$$f = 1/(1.1RC) \quad \dots\dots\dots (1.1)$$

เมื่อ  $f$  = ความถี่เอาต์พุตมีหน่วยเป็น Hz

$R$  = ค่าความต้านทานมีหน่วยเป็น  $\Omega$


$C$  = ค่าตัวเก็บประจุมีหน่วยเป็น F

ขา 5 ของไอซี ADC0804 เป็นขา  $\overline{INTR}$  หรือบางที่เรียกว่าขา EOC (end of conversion) จะให้เอาต์พุตที่เป็นลอจิก '0' เมื่อการแปลงเสร็จสิ้นสมบูรณ์

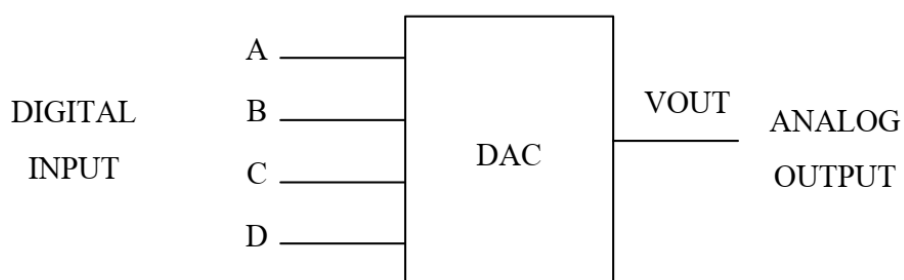
การควบคุมให้ไอซีสามารถทำงานอย่างต่อเนื่องนั้น ขา  $\overline{CS}$  และขา  $\overline{RD}$  จะต้องต่อลงกราวด์ ส่วนขา  $\overline{WR}$  จะต่อหองต่อเข้า กับขา  $\overline{INTR}$  ดังรูปที่ 1.5 การต่อแบบนี้ทำให้เมื่อขา  $\overline{INTR}$  อยู่ในสถานะลอจิก '0' ขา  $\overline{WR}$  ก็จะเป็นลอจิก '0' ด้วยทำให้ไอซีถูกรีเซต และขา  $\overline{INTR}$  กลับมาอยู่ในสถานะลอจิก '1' อีกครั้ง ขา  $\overline{WR}$  ก็จะเป็นลอจิก '1' ตามไปด้วย การแปลงสัญญาณก็จะเริ่มขึ้นอีกครั้ง บางครั้งกระบวนการแปลงสัญญาณอาจจะไม่ทำงานเมื่อเริ่มจ่ายไฟเลี้ยงก็ได้ จึงต้องป้อนพัลส์ลบเข้าทางขา  $\overline{WR}$  เพื่อเป็นการกระตุ้นให้ไอซีเริ่มทำงาน

## 2. การแปลงสัญญาณดิจิทัลเป็นอนาล็อก (Digital to Analog Converter : DAC)

การแปลงสัญญาณดิจิทัลเป็นอนาล็อก (Digital to Analog Converter : DAC) หมายถึง การแปลงน้ำหนักของเลขฐานสองผ่านวงจรแปลงสัญญาณทางดิจิทัลให้เป็นระดับแรงดัน โดยสามารถแสดงได้ดังรูปที่ 1.7 ซึ่งเป็นวงจรแปลงสัญญาณดิจิทัลเป็นอนาล็อกขนาด 4 บิต ให้เป็นระดับแรงดันทางด้านเอาต์พุต ส่วนตารางแสดงการทำงานของวงจรแปลงสัญญาณดิจิทัลเป็นสัญญาณอนาล็อกขนาด 4 บิต แสดงได้ดังรูปตารางที่ 1.8

	ใบเนื้อหา		หน้าที่ 6
	ชื่อวิชา ดิจิทัลและไมโครคอนโทรลเลอร์ รหัสวิชา 30127-2004		หน่วยที่ 5
	ชื่อหน่วย การแปลงสัญญาณ A/D และ D/A		


ชื่อเรื่อง การแปลงสัญญาณ A/D และ D/A



รูปที่ 1.7 แสดงบล็อกไดอะแกรมของวงจรการแปลงสัญญาณดิจิทัลเป็นอนาล็อก

DIGITAL INPUT				ANALOG OUTPUT
D	C	B	A	V <sub>OUT</sub>
0	0	0	0	0
0	0	0	1	1
0	0	1	0	2
0	0	1	1	3
0	1	0	0	4
0	1	0	1	5
0	1	1	0	6
0	1	1	1	7
1	0	0	0	8
1	0	0	1	9
1	0	1	0	10
1	0	1	1	11
1	1	0	0	12
1	1	0	1	13
1	1	1	0	14
1	1	1	1	15

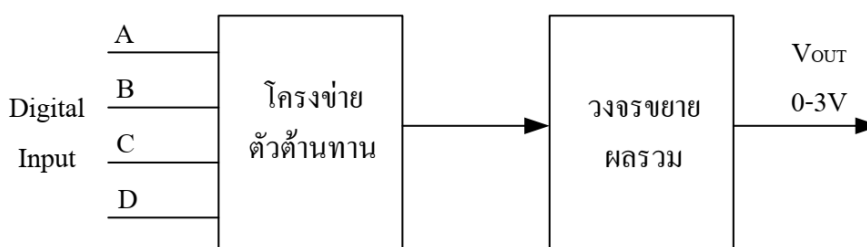
รูปที่ 1.8 รูปตารางแสดงระดับแรงดันที่แปลงจากสัญญาณดิจิทัลเป็นสัญญาณอนาล็อก

	ใบเนื้อหา		หน้าที่ 7
	ชื่อวิชา ดิจิทัลและไมโครคอนโทรลเลอร์ รหัสวิชา 30127-2004		หน่วยที่ 5
	ชื่อหน่วย การแปลงสัญญาณ A/D และ D/A		

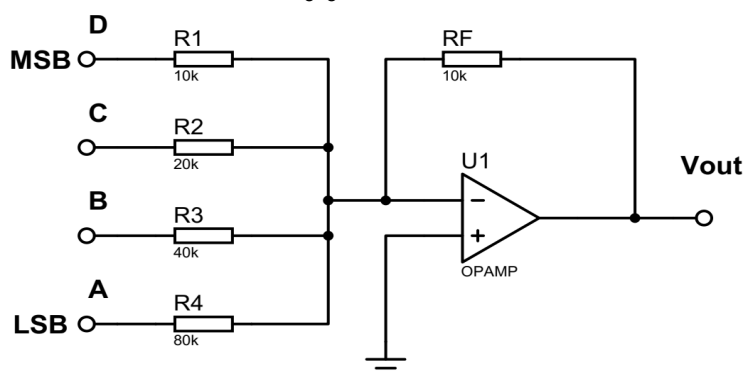
### ชื่อเรื่อง การแปลงสัญญาณ A/D และ D/A

#### 2.1 วงจรแปลงสัญญาณดิจิทัลเป็นอนาล็อกแบบโครงข่ายตัวต้านทาน

วงจรแปลงสัญญาณดิจิทัลเป็นอนาล็อกแบบโครงข่ายตัวต้านทาน เป็นวงจรที่มีพื้นฐานมาจากวงจรขยายสัญญาณแบบกลับเฟสของออปแอมป์ โดยวงจรพื้นฐานของการแปลงสัญญาณดิจิทัลเป็นสัญญาณอนาล็อกประกอบไปด้วยวงจร 2 ส่วนคือวงจรแปลงดิจิทัลเป็นสัญญาณอนาล็อก 4 บิต และวงจรขยายผลรวมของสัญญาณ ดังรูปที่ 1.10



รูปที่ 1.9 บล็อกไดอะแกรมวงจรแปลงสัญญาณดิจิทัลเป็นแอนาล็อกแบบโครงข่ายตัวต้านทาน



รูปที่ 1.10 วงจรแปลงสัญญาณดิจิทัลเป็นอนาล็อกแบบโครงข่ายตัวต้านทาน

วงจรแปลงสัญญาณดิจิทัลเป็นอนาล็อกโดยใช้ออปแอมป์ประกอบเป็นวงจรขยายผลรวมของสัญญาณ (Summing Amplifier) ซึ่งสามารถคำนวณหาค่าแรงดันที่เอาต์พุตได้จากสูตร

$$V_{out} = - \left( V_D + \frac{V_C}{2} + \frac{V_B}{4} + \frac{V_A}{8} \right) \quad \dots\dots\dots (1.2)$$

จากวงจรและสมการหาค่าแรงดันเอาต์พุตของวงจร DAC จะสรุปได้ว่าวงจร DAC แบบโครงข่ายตัวต้านทานจะใช้หลักการทำงานของวงจรรวมสัญญาณที่สร้างจากไอซีออปแอมป์ โดยอินพุตของวงจรจะประกอบด้วยตัวต้านทานที่มีค่าเป็นสัดส่วนกัน เช่นวงจร DAC ขนาด 4 บิตจะใช้ตัวต้านทานอินพุต 4 ตัว โดยตัวแรกจะต้องมีค่าเท่ากับตัวต้านทาน  $R_f$  ส่วนตัวต้านทานตัวที่ 2 จะมีค่าเท่ากับตัวต้านทานตัวแรกคูณ 2 ส่วนตัวต้านทานตัวที่ 3 จะมีค่าเท่ากับตัวต้านทานตัวแรกคูณ 4 และตัวต้านทานตัวที่ 4 จะมีค่าเท่ากับตัวต้านทานตัวแรกคูณ 8 เป็นต้น





## ใบเนื้อหา

หน้าที่ 8

ชื่อวิชา ดิจิทัลและไมโครคอนโทรลเลอร์ รหัสวิชา 30127-2004

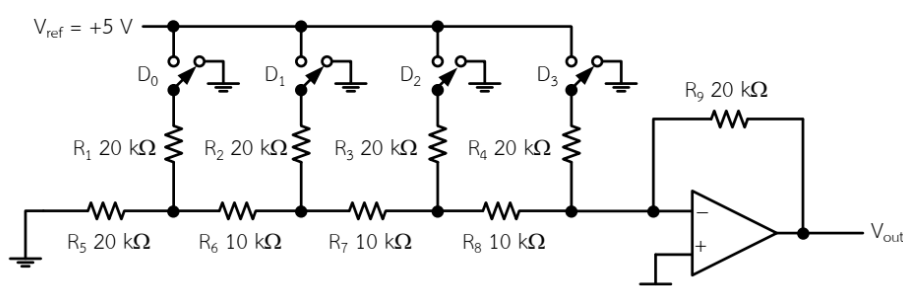
หน่วยที่ 5

ชื่อหน่วย การแปลงสัญญาณ A/D และ D/A

ชื่อเรื่อง การแปลงสัญญาณ A/D และ D/A

### 2.2 วงจรแปลงสัญญาณดิจิทัลเป็นอนาล็อกแบบ R/2R แลตเตอร์

วิธีการสำหรับการแปลงสัญญาณดิจิทัลเป็นอนาล็อกที่พบมากที่สุดคือวงจร R/2R แลตเตอร์ (R/2R Ladder) เนื่องจากในวงจรนี้มีตัวต้านทาน 2 ค่าเท่านั้นที่ถูกใช้ ซึ่งด้วยวิธีการนี้ใช้ได้ดีในการสร้างเป็นของวงจร D/A ที่มีความละเอียดของ 8, 10, หรือ 12 บิต และค่าสูงกว่านี้ ดังแสดงในรูปที่ 1.11




รูปที่ 1.11 วงจรแปลงค่าน้ำหนักเลขฐานสอง D/A แบบ R/2R แลตเตอร์

ในรูปที่ 1.11 ข้อมูลดิจิทัล 4 บิต ถูกเปลี่ยนเป็นอนาล็อกที่ถูกป้อนมาที่สวิตช์  $D_0$  ถึง  $D_3$  โดยการทำงานของวงจร เมื่อสวิตช์มีการเคลื่อนตำแหน่งไปที่  $+5V$  ('1') หรือ  $0V$  ('0') ทำให้มีกระแสไหลผ่านไปตัวต้านทาน  $R_9$  ซึ่งจะเป็นไปตามสัดส่วนของค่าสมมูลของเลขฐานสอง (ตามลำดับของสวิตช์มีค่าเป็นสองเท่าของตัวที่อยู่ก่อนหน้า) ค่าแรงดันเอาต์พุตจากความดันได้ 16 ค่า ในการรวมกันของสวิตช์แต่ละตัว ซึ่งแสดงไว้ในรูปตารางที่ 1.12 และรูปที่ 1.13 แสดงค่าของอินพุตดิจิทัลที่มีการแปลงเป็นค่าแรงดันอนาล็อกที่ค่าต่าง ๆ

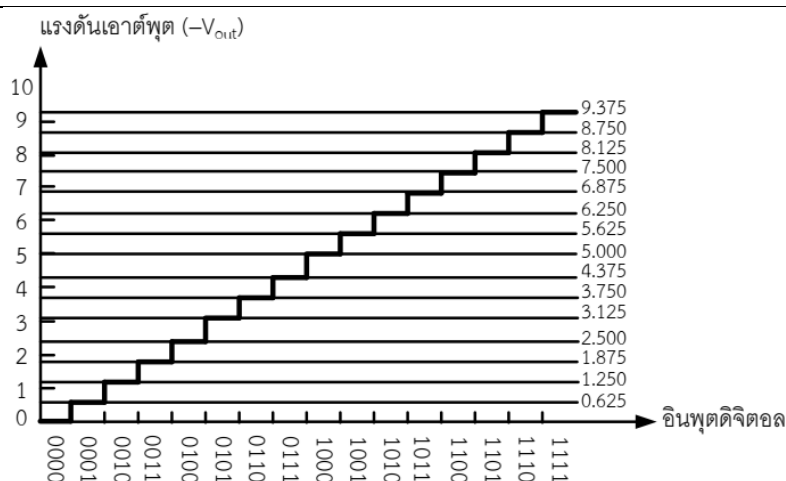
$D_3$	$D_2$	$D_1$	$D_0$	$V_{out} (-V)$	$D_3$	$D_2$	$D_1$	$D_0$	$V_{out} (-V)$
0	0	0	0	0.000	1	0	0	0	-5.000
0	0	0	1	-0.625	1	0	0	1	-5.625
0	0	1	0	-1.250	1	0	1	0	-6.250
0	0	1	1	-1.875	1	0	1	1	-6.875
0	1	0	0	-2.500	1	1	0	0	-7.500
0	1	0	1	-3.125	1	1	0	1	-8.125
0	1	1	0	-3.750	1	1	1	0	-8.750
0	1	1	1	-4.375	1	1	1	1	-9.375

รูปที่ 1.12 รูปตารางค่าอินพุตดิจิทัลกับค่าแรงดันเอาต์พุตของวงจรการแปลง D/A



	ใบเนื้อหา		หน้าที่ 9
	ชื่อวิชา ดิจิทัลและไมโครคอนโทรลเลอร์ รหัสวิชา 30127-2004		หน่วยที่ 5
	ชื่อหน่วย การแปลงสัญญาณ A/D และ D/A		

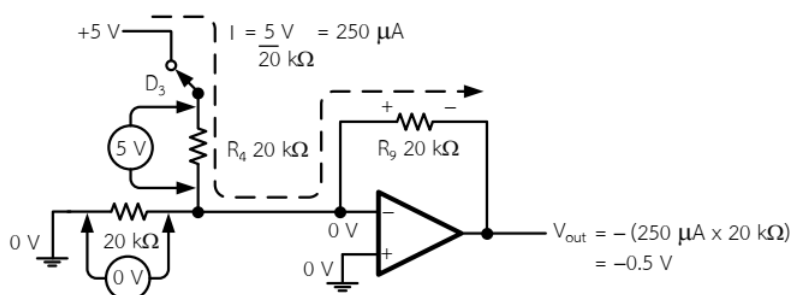
### ชื่อเรื่อง การแปลงสัญญาณ A/D และ D/A



รูปที่ 1.13 ค่าดิจิทัลที่ถูกแปลงเป็นค่าแรงดันอนาล็อกที่ค่าต่าง ๆ

ตัวอย่างของการคำนวณค่าแรงดันเอาต์พุต  $V_{out}$  ตลอดการทำงานของวงจร R/2R แลตเตอร์ โดย 3 สถานะความแตกต่างจากการรวมกันของสวิตช์ว่ามีวิธีการทำงานอย่างไร


1. สำหรับที่อินพุต  $D_0 = 0$ ,  $D_1 = 0$ ,  $D_2 = 0$  และ  $D_3 = 1$  มีการคำนวณดังนี้  $R_1$  ต่อขนานกับ  $R_5$  มีค่าเท่ากับ  $10k\Omega$  และค่าความต้านทาน  $1k\Omega$  นี้จะต่ออนุกรมกับ  $R_6$  มีค่าเท่ากับ  $20k\Omega$  และค่าความต้านทาน  $20k\Omega$  นี้จะต่อขนานกับ  $R_2$  มีค่าเท่ากับ  $10k\Omega$  และคำนวณแบบนี้ตลอดจน  $R_7$ ,  $R_3$  และ  $R_8$  วงจรสมมูลย์แสดงในรูปที่ 1.14



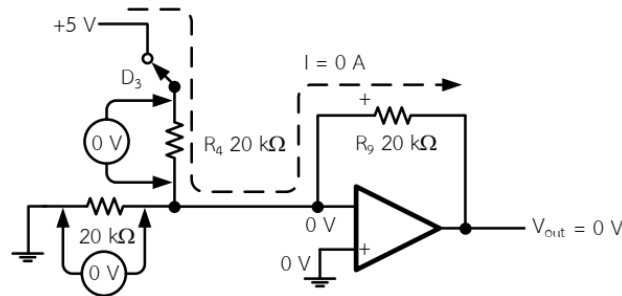
รูปที่ 1.14 วงจรสมมูลย์ของวงจร R/2R แลตเตอร์สำหรับการคำนวณหาค่าแรงดันเอาต์พุต

เมื่อ  $D_0 = 0$ ,  $D_1 = 0$ ,  $D_2 = 0$  และ  $D_3 = 1$

2. สำหรับที่อินพุต  $D_0 = 0$ ,  $D_1 = 0$ ,  $D_2 = 0$  และ  $D_3 = 0$  จะมีวงจรสมมูลย์แสดงได้ดังรูปที่ 1.15 ซึ่งจะคล้ายคลึงกับรูปที่ 1.14 ยกเว้นที่อินพุต  $D_3 = 0$

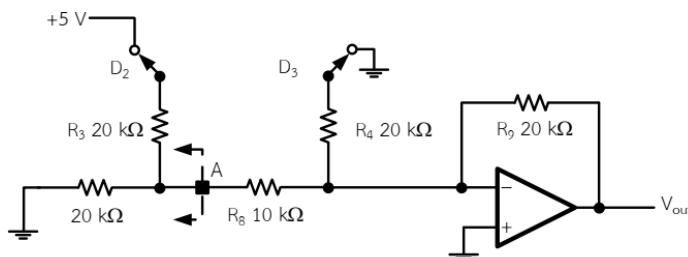
	ใบเนื้อหา	หน้าที่ 10
	ชื่อวิชา ดิจิทัลและไมโครคอนโทรลเลอร์ รหัสวิชา 30127-2004	หน่วยที่ 5
	ชื่อหน่วย การแปลงสัญญาณ A/D และ D/A	

ชื่อเรื่อง การแปลงสัญญาณ A/D และ D/A

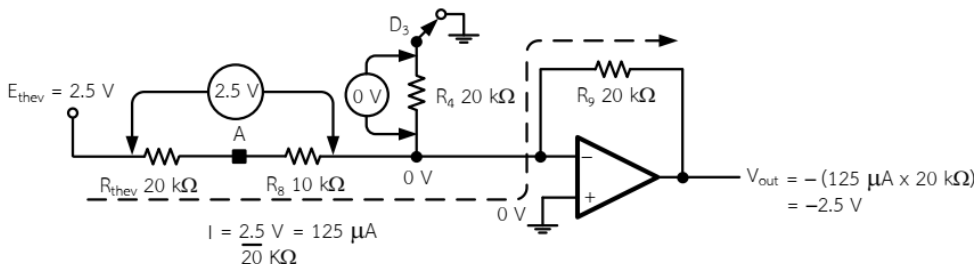


รูปที่ 1.15 วงจรสมมูลย์ของวงจร R/2R แลตเตอร์สำหรับการคำนวณหาค่าแรงดันเอาต์พุต  
เมื่อ  $D_0 = 0$ ,  $D_1 = 0$ ,  $D_2 = 0$  และ  $D_3 = 0$


3. สำหรับที่อินพุต  $D_0 = 0$ ,  $D_1 = 0$ ,  $D_2 = 1$  และ  $D_3 = 0$  สวิตช์ทั้งหมดจะต่อกับกราวด์ยกเว้นเพียงอินพุต  $D_2$  ดังนั้นวงจรสมมูลย์จะเป็นดังรูปที่ 1.16 ซึ่งวงจรยากที่จะคำนวณหา  $V_{out}$  ในรูปแบบปกติจะต้องใช้วงจรเทวินินพิจารณาที่จุด A เพื่อลดรูปวงจรให้เป็นดังรูป 1.17 เพื่อใช้ในการคำนวณหาค่าแรงดันเอาต์พุต



รูปที่ 1.16 วงจรสมมูลย์ของวงจร R/2R แลตเตอร์สำหรับการคำนวณหาค่าแรงดันเอาต์พุต  
เมื่อ  $D_0 = 0$ ,  $D_1 = 0$ ,  $D_2 = 1$  และ  $D_3 = 0$



รูปที่ 1.17 วงจรสมมูลย์ของวงจร R/2R แลตเตอร์สำหรับการคำนวณหาค่าแรงดันเอาต์พุต  
เมื่อ  $D_0 = 0$ ,  $D_1 = 0$ ,  $D_2 = 1$  และ  $D_3 = 0$  และใช้วงจรเทวินินพิจารณาที่จุด A เพื่อลดรูปวงจร  
ซึ่งวงจรให้ผลลัพธ์ออกมาไม่ว่าการรวมกันของตำแหน่งสวิตช์ตัวไหนถูกใช้สำหรับช่วยทำให้เกิดค่าขนาด  
ของแรงดันเอาต์พุต โดยการสับสวิตช์ที่  $D_3$  ที่ +5V ('1') จะมีค่าเท่ากับ  $2 V_{ref}/2$ , ที่สวิตช์  $D_2$  มีค่าเท่ากับ  $2 V_{ref}/4$ ,  
ที่สวิตช์  $D_1$  มีค่าเท่ากับ  $2 V_{ref}/8$ , ที่สวิตช์  $D_0$  มีค่าเท่ากับ  $2 V_{ref}/16$

	ใบเนื้อหา		หน้าที่ 11
	ชื่อวิชา ดิจิทัลและไมโครคอนโทรลเลอร์ รหัสวิชา 30127-2004		หน่วยที่ 5
	ชื่อหน่วย การแปลงสัญญาณ A/D และ D/A		

### ชื่อเรื่อง การแปลงสัญญาณ A/D และ D/A

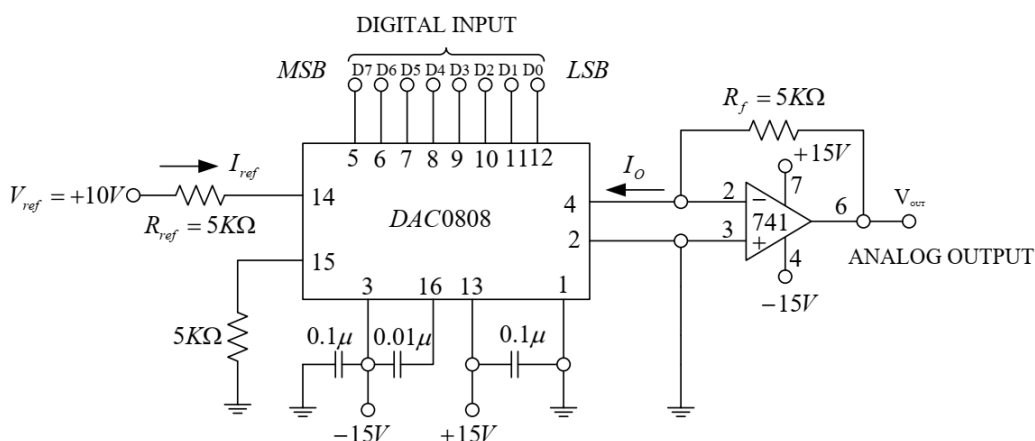
จากข้างต้นสรุปได้ว่าวงจร DAC แบบ R/2R แลตเตอร์จะใช้หลักการทำงานของวงจรรวมสัญญาณที่สร้างจากโอซีออปแอมป์ โดยอินพุตของวงจรจะประกอบด้วยตัวต้านทานที่ต่อกันเป็นเน็ตเวิร์กและจะใช้ตัวต้านทานเพียง 2 ค่าเท่านั้น คือ R และ 2R ถึงแม้ว่าวงจร DAC จะมีอินพุตกี่บิตก็ตาม ซึ่งจะแตกต่างจากวงจร DAC แบบโครงข่ายตัวต้านทานที่ยังมีสัญญาณอินพุตมากเท่าใดจะต้องใช้ค่า R ที่แตกต่างกันเท่านั้น

### 2.3 วงจรรวมชนิดแปลงสัญญาณดิจิทัลเป็นอนาล็อก

วงจรรวมชนิดแปลงสัญญาณดิจิทัลเป็นอนาล็อก (DAC) ที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลายแบ่งตามโครงสร้างของวงจรรวมได้ 2 ชนิด คือ ชนิดซีมอส และไบโพลาร์ แต่ถ้ามองตามการใช้งานจะสามารถแบ่งออกเป็น 2 ชนิด คือ การใช้งานแบบขนาน และการใช้งานแบบอนุกรม โดยวงจรรวมชนิด DAC ได้แก่ เบอร์ MC144110 , MC1408 , DAC0804 , DAC0808 , AD558 เป็นต้น

#### ไอซีวงจรรวมเบอร์ DAC0808


ไอซีวงจรรวมเบอร์ DAC0808 เป็นไอซี D/A ที่มีความละเอียดขนาด 8 บิต ใช้แรงดันไบอัสได้ในช่วงระหว่าง  $\pm 4.5V$  ถึง  $\pm 18V$  การต่อวงจร DAC0808 เพื่อใช้งานแปลงสัญญาณดิจิทัลเป็นอนาล็อกในย่านแรงดันเอาต์พุต 0 -10V ที่แรงดัน  $V_{ref} = +10V$  จะต้องต่อวงจรดังรูปที่ 1.18 และค่าแรงดันเอาต์พุตสูงสุดที่ +10V เมื่ออินพุตเป็น  $11111111_2$  และเมื่อแรงดันเอาต์พุตต่ำสุด 0V เมื่ออินพุตเป็น  $00000000_2$





รูปที่ 1.18 วงจร DAC0808 ขนาด 8 บิต

ให้กระแสสูงสุดทางด้านเอาต์พุตที่ 2mA เมื่ออินพุตเป็น  $11111111_2$  และให้กระแสเอาต์พุตต่ำสุดที่ 0mA เมื่ออินพุตเป็น  $00000000_2$  จากวงจรที่ 1.18 แรงดันเอาต์พุตหาได้จากสมการที่ 1.3

$$V_0 = \left( \frac{V_{ref}}{R_{ref}} \right) R_o \left( \frac{D_7}{2} + \frac{D_6}{4} + \frac{D_5}{8} + \frac{D_4}{16} + \frac{D_3}{32} + \frac{D_2}{64} + \frac{D_1}{128} + \frac{D_0}{256} \right) \quad \dots\dots\dots(1.3)$$

	ใบเนื้อหา		หน้าที่ 12
	ชื่อวิชา ดิจิทัลและไมโครคอนโทรลเลอร์ รหัสวิชา 30127-2004		หน่วยที่ 5
	ชื่อหน่วย การแปลงสัญญาณ A/D และ D/A		
ชื่อเรื่อง การแปลงสัญญาณ A/D และ D/A			
<p>สิ่งสำคัญที่บ่งบอกถึงความสามารถของวงจร ADC และ DAC คือ</p> <ol style="list-style-type: none"><li>1. ค่าความแยกชัด หรือค่าความละเอียดในการแปลงสัญญาณ ที่เรียกว่าค่า K หรือค่า Step Size ซึ่งเป็นค่าที่บ่งบอกถึงความสามารถในการแปลงสัญญาณ 1 บิตต่อการเปลี่ยนแปลงของแรงดันกิโลโวลต์</li><li>2. ค่าความเร็วในการแปลงสัญญาณจะมีหน่วยเป็น ms หรือ <math>\mu</math>s ถ้าใช้เวลาในการแปลงสัญญาณยังมีค่าน้อยแสดงว่าวงจรมีประสิทธิภาพสูง</li></ol>			

	แบบฝึกหัด	หน้าที่ 1
	ชื่อวิชา ดิจิทัลและไมโครคอนโทรลเลอร์ รหัสวิชา 30127-2004	หน่วยที่ 5
	ชื่อหน่วย การแปลงสัญญาณ A/D และ D/A	
ชื่อเรื่อง การแปลงสัญญาณ A/D และ D/A		
<p><u>คำสั่ง</u> จงตอบคำถามต่อไปนี้ให้ถูกต้อง</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>ให้อธิบายหน้าที่ของวงจรแปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นดิจิทัล ..... ..... .....</li> <li>ให้อธิบายหน้าที่ของวงจรแปลงสัญญาณดิจิทัลเป็นอนาล็อก ..... ..... .....</li> <li>วงจรแปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นดิจิทัลมีกี่ประเภทอะไรบ้าง ..... ..... .....</li> <li>วงจรแปลงสัญญาณดิจิทัลเป็นอนาล็อกมีกี่ประเภทอะไรบ้าง ..... ..... .....</li> <li>วงจรแปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นดิจิทัลด้วยการประมาณค่าต่อเนื่องมีข้อดีอย่างไร ..... ..... .....</li> <li>วงจรแปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นดิจิทัลแบบใดที่ใช้ออปแอมป์ในการแปลงสัญญาณมากที่สุด ..... ..... .....</li> <li>วงจรแปลงสัญญาณดิจิทัลเป็นอนาล็อกเป็นแบบใดยิ่งจำนวนบิตของสัญญาณอินพุตมาก ตัวต้านทานที่ใช้ต้องมาก ค่าตาม ..... ..... .....</li> </ol>		

	แบบฝึกหัด	หน้าที่ 2
	ชื่อวิชา ดิจิทัลและไมโครคอนโทรลเลอร์ รหัสวิชา 30127-2004	หน่วยที่ 5
	ชื่อหน่วย การแปลงสัญญาณ A/D และ D/A	

ชื่อเรื่อง การแปลงสัญญาณ A/D และ D/A

8. ค่า K หรือค่าความแยกชัด ใช้สำหรับการบ่งบอกถึงความสามารถอะไรของวงจร ADC หรือ DAC

.....

.....

.....

9. ให้อธิบายถึงความสามารถของไอซีวงจรรวม ADC0804

.....

.....

.....

10. ให้อธิบายถึงความสามารถของไอซีวงจรรวม DAC0808

.....

.....

.....