

หัววัดสนามแม่เหล็ก (Hall-effect Probe)

วิชาญ ก่องคางษ์*

ปัจจุบันได้มีการพัฒนาเครื่องจักรกลที่สามารถทำงานได้โดยอัตโนมัติขึ้นมาใช้งานอย่างมากมายครอบคลุมงานประเภทต่างๆ อย่างกว้างขวาง ตั้งแต่เครื่องใช้ในชีวิตประจำวันอย่างง่ายเช่น หม้อหุงข้าว เครื่องซักผ้า ตู้เย็น เครื่องปรับอากาศ ไปจนถึงเครื่องมือที่ใช้เทคโนโลยีขั้นสูงเช่น หุ่นยนต์ และ ยานอวกาศ ล้วนแต่มีส่วนประกอบที่ทำงานได้โดยอัตโนมัติ ตั้งแต่อัตโนมัติในบางส่วน จนถึงอัตโนมัติทั้งหมดทุกส่วน ในเครื่องจักรกลต่างๆจึงมีวงจร อิเล็กทรอนิกส์เป็นส่วนประกอบเสมอเนื่องจากอิเล็กทรอนิกส์จะเป็นระบบประสาทและสมองในการสั่งการของกลไกต่างๆ อีกหน่อยก็อาจจะมีการเชื่อมที่ทำงานอัตโนมัติแค่เอามือสัมผัสปุ่ม กางเกงก็จะหลุดออกไปทั้งคู่!

การทำงานแบบอัตโนมัตินั้นมิได้หมายความว่าทำอะไรก็ได้แบบมั่วๆ แต่จะต้องทำงานตามเงื่อนไขที่ผู้ออกแบบได้กำหนดไว้ เงื่อนไขของการทำงานอัตโนมัติเป็นเงื่อนไขที่ใช้สัญญาณทางฟิสิกส์ เช่น อุณหภูมิ ความเข้มแสง ความเข้มเสียง แรง แรงดัน ความเข้มสนามแม่เหล็ก ฯลฯ เป็นตัวกำหนด ซึ่งการจะใช้สัญญาณแบบไหนก็ขึ้นอยู่กับ

ลักษณะของงานที่ต้องการให้ควบคุม เช่น สมมุติว่าต้องการเครื่องต้มน้ำอัตโนมัติ ให้นำอุณหภูมิประมาณ 60°C คงที่ตลอดเวลาสำหรับงานชั่งล้าง

วิธีการง่ายๆ ก็คือมีสวิทช์เปิดปิดหลอดไฟที่ใช้ต้มน้ำ เมื่ออุณหภูมิประมาณ 62°C ก็ให้ สวิทช์ปิดจากนั้นอุณหภูมิของน้ำจะค่อยๆ ลดลง เมื่อลดลงถึงประมาณ 58°C ก็ให้เปิดสวิทช์อีกครั้งไปแบบนี้เรื่อยๆ ก็มีคำถามว่าแล้วสวิทช์มันจะรู้ได้อย่างไรว่าอุณหภูมิเท่าไร? คำตอบก็คือเราต้องคิดระบบประสาทรับรู้อุณหภูมิให้กับระบบสวิทช์ ระบบประสาทการรับรู้หรือ Sense และตัวประสาทหรือตัวรับรู้ก็คือ Sensor ซึ่งตัวตรวจวัดอุณหภูมินั้นก็มีหลายชนิดจะไม่กล่าวไว้ในที่นี้ Sensor ชนิดหนึ่งก็เหมาะกับงานแบบหนึ่งเท่านั้น งานบางชนิดอาจใช้ Sensor ง่ายๆ ราคาถูก บางชนิดก็ใช้แบบซับซ้อนและราคาแพง

สนามแม่เหล็กนั้นก็เป็ยสัญญาณอีกแบบหนึ่งที่สามารถนำมาเป็นสัญญาณควบคุมงานอัตโนมัติต่างๆ ได้เช่น DC Motor สมัยใหม่จะไม่ใช้แปรงถ่าน (brushless motor) แต่จะใช้ หัววัดสนามแม่เหล็กเป็นระบบประสาทคอยบอกให้แหล่งจ่ายไฟจ่ายกระแสให้ Stator ตามจังหวะที่กำหนด

* รองศาสตราจารย์ สาขาฟิสิกส์

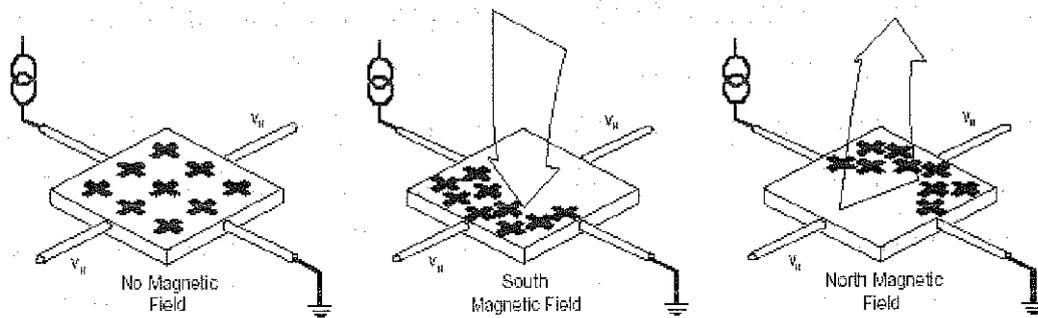
ระบบแบบนี้จะดีกว่าการใช้แปรงถ่าน ซึ่งมีข้อเสียหลายประการเช่นเกิดการ Spark ของกระแสไฟฟ้า เกิดความร้อนมาก และเกิดการสึกหรอเพราะแปรงถ่านจะกดบนโรเตอร์ตลอดเวลา การใช้ Sensor สนามแม่เหล็กยังสามารถออกแบบใช้ในงานอื่นๆได้อีกมากเช่นวัดมุม กระแส ตำแหน่ง ระยะทาง อุณหภูมิ แรง วัดระดับของเหลว การนับรอบ ในระบบเกียร์ และยังสร้างหัววัดเป็น ในรูปของสวิทช์อิเล็กทรอนิกส์(Hall switches)ในการควบคุมเครื่องมือต่างๆ

ในบทความนี้จะนำเสนอการสร้างหัววัดสนามแม่เหล็กที่ใช้ Hall-effect IC ซึ่งสามารถนำไปใช้เป็นเครื่องวัดสนามแม่เหล็กแบบเกาส์(Gauss meter)ในห้องทดลอง ฟิสิกส์ได้โดยใช้ร่วมกับ Digital Multimeter ที่

มีใช้งานอยู่แล้วในห้องทดลองวิทยาศาสตร์ทั่วไป และจะนำเสนอวิธีสร้าง DC Brushless Motor ที่ควบคุมการหมุนโดยใช้ Hall-effect IC สำหรับเป็นสื่อการสอนฟิสิกส์

1. Hall Effect

Hall Effect เป็นหลักทางฟิสิกส์ที่พบโดย Edwin Hall(1855-1938) เป็นปรากฏการณ์ที่ว่า “เมื่อมีกระแสไฟฟ้าที่ผ่านตัวนำ(หรือวัตถุใดๆหรือแผ่นสารใดๆเช่นสารกึ่งตัวนำ)ที่วางอยู่ในสนามแม่เหล็ก จะมีแรงดันเกิดขึ้นคร่อมตัวนำนั้น โดยทิศของแรงดันจะตั้งฉากกับทิศสนามแม่เหล็กและทิศของกระแสไฟฟ้า” ความจริงหลักการดังกล่าวนี้เป็นแรงลอเรนซ์(Lorentz force) $F = qE + qv \times B$ ที่นักเรียนฟิสิกส์รู้จักกันดีนั่นเอง

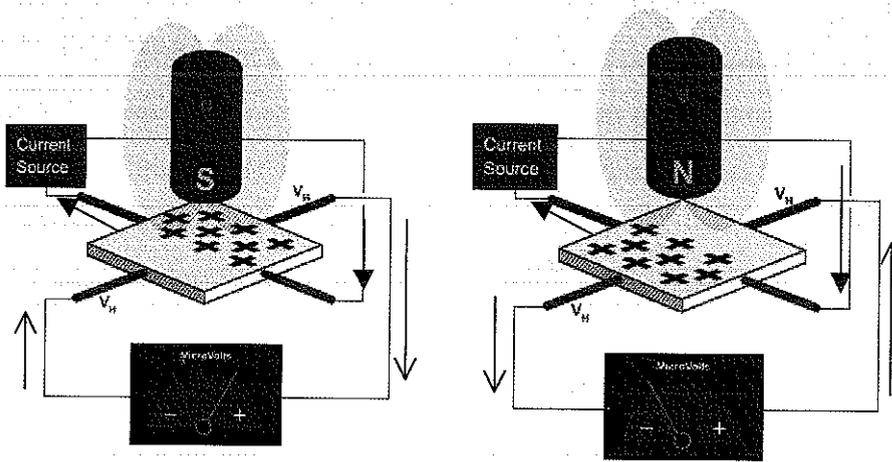


รูปที่ 1 แสดงหลัก Hall Effect

2. หัววัดสนามแม่เหล็ก (Hall-Effect Sensors)

ปัจจุบันหัววัดสนามแม่เหล็กจะเป็นสิ่งประดิษฐ์สารกึ่งตัวนำที่อยู่ในรูปของ Chip หรือ IC ซึ่งก็มีหลายแบบเช่นแบบ Linear แบบ Switching ที่ให้อั้วท์พุทเป็นแบบดิจิทัล

สำหรับงานต่างๆ โดยเฉพาะหลายแบบ บทความนี้จะแสดงไว้เฉพาะแบบเชิงเส้นเพื่อวัดค่าของสนามแม่เหล็กที่ให้อั้วท์พุทออกมาเป็นแรงดันที่แปรค่าตามสนามแม่เหล็กที่ถูกวัด



รูปที่ 2 แสดงการเกิดแรงดัน V_H ครอบแผ่นสารกึ่งตัวนำที่มีกระแสไหลและวางในสนามแม่เหล็ก

www.melexis.com

ตามรูปเมื่อมีสนามแม่เหล็กผ่านสารที่มีกระแสไหลผ่านจะทำให้เกิดแรงกระทำต่อประจุ(บวก)ในทิศที่ตั้งฉากกับทิศการไหลของกระแสและทิศสนามแม่เหล็กซึ่งเป็นไปตามกฎของลอเรนซ์ตามสมการ

$$F = qv \times B$$

แรงตามสมการเป็นแรงที่จะทำให้ประจุไฟฟ้าเคลื่อนที่ที่เรียกว่าแรงดันไฟฟ้า ซึ่งแรงดันนี้จะแปรค่าตามสนามแม่เหล็ก ดังนั้นถ้าเราวัดแรงดันนี้ได้ก็สามารถที่จะวัดสนามแม่เหล็กได้

การเกิดแรงดันฮอลล์ (Hall voltage: V_H) คือแรงดันแตกต่างที่เกิดขึ้น

ระหว่างขอบของสารที่มีกระแสไหลผ่านวางอยู่ในสนามแม่เหล็ก แรงดัน V_H นี้เกิดจากการที่ประจุถูกแรงกระทำตามกฎของลอเรนซ์ โดยหาค่า V_H ได้ตามสมการ

$$V_H = IB/te$$

V_H คือ Hall Voltage (volt)

I คือ กระแสไฟฟ้าที่ป้ล่อยผ่านแผ่นสาร(A)

B คือสนามแม่เหล็ก (T)

t คือความหนาของแผ่นสาร

(ตัวอย่างเช่น $n_{(copper)} = 8.5 \times 10^{28}$ electron/ m^3)

e คือประจุไฟฟ้าของElectron(1.6×10^{-16} C)

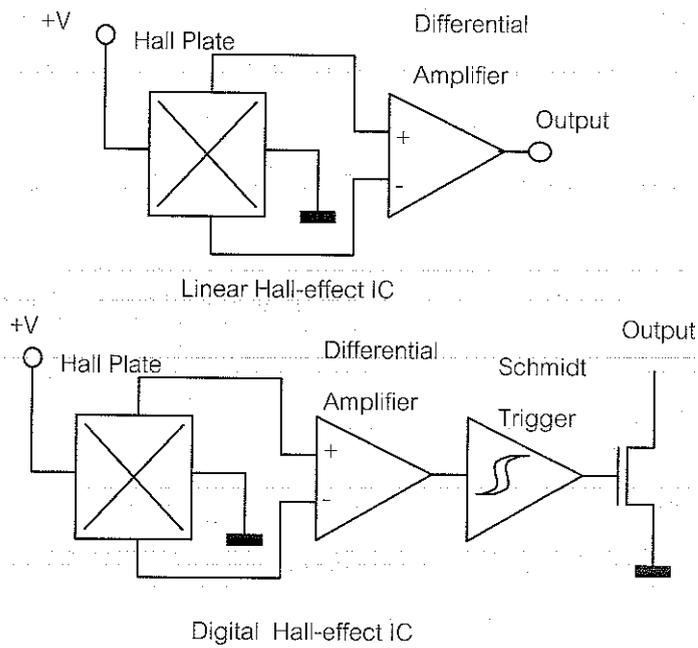
n คือความหนาแน่นประจุของแผ่นสาร (density of charge carrier) ค่าขึ้นอยู่กับประเภทของสาร

สารที่เป็นหัววัด Hall Sensor นี้โดยหลักการแล้วจะเป็นสารใดๆก็ได้ แต่ในทางเทคนิคการใช้งานแล้วสารที่เหมาะสมที่สุดก็

คือสารกึ่งตัวนำ(semiconductor) เนื่องจากสารกึ่งตัวนำมีค่า n ต่ำเมื่อเทียบกับโลหะซึ่งจะทำให้ได้ค่า V_H สูงทำให้วัดได้ง่าย เพราะค่า V_H นี้มีค่าน้อยมากไม่สามารถใช้โวลท์มิเตอร์ธรรมดาวัดได้ ต้องมีวงจรถายที่มีอัตราขยายสูงและเที่ยงตรงเพื่อขยาย V_H ก่อนที่จะแสดงผลออกทางโวลท์มิเตอร์ที่ใช้งานกันอยู่ทั่วไป ด้วยเหตุนี้จึงมีผู้ผลิต Hall Sensor ในรูปของไอซีที่มีวงจรถายภายในตัว ซึ่งมีทั้งแบบเชิงเส้น(linear) และแบบดิจิทัล (switching) ตามตัวอย่างในตาราง

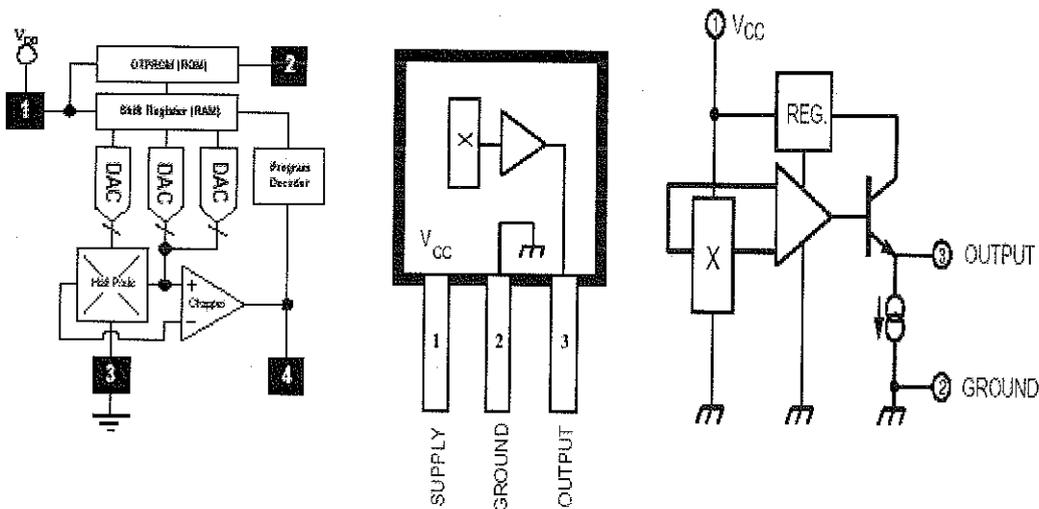
ตารางที่ แสดงตัวอย่าง IC Hall-Effect	
www.melexis.com; *www.allegromicro.com	
เบอร์ IC	การใช้งาน
MLX90215; 3503*,3515-3518*	Precision Programmable Linear Hall IC
MLX90217	Cam Sensor
MLX90224	Dual Hall Effect Latch
US1881	General Purpose Hall effect latch
US2881	High Sensitivity Hall effect latch
US2882	High Sensitivity Hall effect latch
US3881	Low Voltage Hall effect latch
US4881	Low Voltage High Sensitivity Latch
US5881	General Purpose Hall effect switch
US79	Fan Motor Driver

รูปที่ 3 วจรภายในของ ไอซี Hall Effect จะประกอบด้วย วจรขยาย(differential amplifier) เนื่องจกแรงดัน V_H ที่ได้จก Hall Plate มีค่าต่ำ นอกจากประกอบ ด้วยวจรขยายแล้วในกรณีที่เป็น ชนิดคิจิตอลหรือแบบสวิตช์ก็จะมี วจรอื่นๆได้แก่วจร Schmidt Trigger เพื่อแปลงสัญญาณให้ออก มาในรูปคิจิตอลและวจร Output Driver (FET) เพื่อขับโหลด



วจรตามรูปที่ 3 เมื่อสร้างเป็น IC สำเร็จรูปแล้วจะมีขาออกมาเพียง 3 ขา(หรือ 4 ขา) ก็คือขาไฟเลี้ยงวจร(+5V) ขากราวด์ (GND) และขา Output ซึ่งสะดวกต่อการสร้าง

ใช้งานอย่างยิง ผู้ใช้เพียงแต่ต่อขา +V กับขา GND เข้ากับไฟเลี้ยง 5V(regulated) แล้วต่อขา Output กับขา GND ออกไปใช้งานได้เลยตาม รูป



รูปที่ 4 แสดงขาของตัวอย่าง Hall-effect IC ด้านซ้ายมือเบอร์ MLX90215(4ขา) กลางและขวาเบอร์ 3503(3ขา)

3. การนำ Hall Effect IC ไปใช้งาน

ในการนำ IC ไปใช้งานนั้นจำเป็นจะต้องสร้างวงจรประกอบต่างๆให้ IC สามารถที่จะทำงานได้ตามข้อกำหนดที่ผู้ผลิตได้สร้างขึ้น

ดังนั้นก่อนอื่นใดเราจะต้องศึกษาคุณสมบัติต่างๆของ IC ให้เข้าใจอย่างถ่องแท้ เพื่อจะได้สร้างวงจรประกอบให้กับ IC ได้อย่างถูกต้องลองพิจารณาข้อมูลจากผู้ผลิตตามตาราง

ตารางที่ 1 MLX90215 Electrical Specifications Programmable&Linear(Melexis)						
Parameter	symbol	Test condition	Min	Typ	Max	Units
Supply Voltage	V_{DD}	operating	4.5	5.0	5.5	V
Supply Current	I_{DD}	$B = 0, V_{DD} = 5V, I_{OUT} = 0$	2.5	4.0	6.5	mA
Output Current (1)	I_{OUT}	$V_{DD} = 5V, \pm 10\%$	-2	-	2	mA
Quiescent Output Voltage(2)	V_{OQ}	10-bit,programable , $B = 0$	0.5	-	4.5	V
Output Voltage (1)	V_{OH}	$V_{DD} = 5V, I_{OUT} = - 2 \text{ mA}$	4.50	4.65		V
Output Voltage (1)	V_{OL}	$V_{DD} = 5V, I_{OUT} = 2 \text{ mA}$		0.35	0.50	V
Sampling Rate	f_{SAMP}	RoughGain @ Max and Min	4	-	40	kHz
Bandwidth (3)	BW	RoughGain @ Min		-	1.30	kHz
Bandwidth (3)	BW	RoughGain @ Min	0.130	-		kHz
Impulse Response time (6)	T_{RMIN}	RoughGain @ Min	25	-		μs
Impulse Response time (6)	T_{RMIN}	RoughGain @ Max	250	-		μs
Offset voltage Adjustment Resolution	ΔV_{OQ}	$B = 0, TA = 25^\circ\text{C}$	-1.5	-	1.5	μs
Offset voltage Drift Over Temperature	$\Delta V_{OQ} / \Delta T$	$B = 0, TA = -40^\circ\text{C} \text{ to } 150^\circ\text{C}$ $S < 100\text{mV/mT}$ and $V_{OQ} > 0.75$	-20	-	20	mV
Offset voltage Drift Over Temperature(2)	$\Delta V_{OQ} / \Delta T$	$B = 0, TA = -40^\circ\text{C} \text{ to } 150^\circ\text{C}$ $S > 100\text{mV/mT}$ and $V_{OQ} < 0.75$	-40	-	40	mV
Range of Sensitivity (7)	S	13 bit Programmable	5	-	140	mV /mT
Peak To Peak Noise (4)			8	25	60	mV
Output Resistance	R_{OUT}			6		Ω
Sensitivity Drift (5)		$TA = 25^\circ\text{C}$	-1	-	1	%

ตารางที่ 1 เป็น IC แบบ programmable สามารถโปรแกรมได้มากมายหลายประการ โปรแกรมหลักๆเป็นแบบ Switching(Digital)

ให้ V_{OQ} $0.5V_{MIN}$ และ $4.5V_{MAX}$ หรือเป็นแบบ Linear ได้ V_{OUT} ประมาณ $10mV/mT$

ตารางที่ 2 3503 Electrical Specifications Linear Hall Effect Sensor(Allegro)

Parameter	symbol	Test condition	Min	Typ	Max	Units
Supply Voltage	V_{CC}	operating	4.5	-	6.0	V
Supply Current	I_{CC}		-	9.0	13	mA
Quiescent Output Voltage(2)	V_{OUT}	B = 0	2.25	2.50	2.75	V
Sensitivity	ΔV_{OUT}	B=0G to $\pm 900G$	0.75	1.30	1.75	mV /G
Bandwidth (3)	BW		-	23	-	kHz
Broadband Output Noise	V_{OUT}	BW = 10Hz to 10kHz	-	90	-	μV
Output Resistance	R_{OUT}		-	50	220	Ω

วัสดุในการสร้าง

พิจารณาจากตารางกรณี่ที่เรานำมาใช้ แบบ Linear จะเห็นประเด็นสำคัญสามประการที่เราจะสร้างวงจรประกอบได้แก่ (1) แหล่งจ่ายไฟ(supply voltage) $4.5V - 5.5V : 6.5mA_{MAX}$ (2) Quiescent Output Voltage $2.5V$ และ (3) Sensitivity $10mV/mT$ (MLX90215) หรือ $1.3 mV/G(3503)$

- (1) Precision Linear Hall IC เบอร์ MLX90215 และ เบอร์ 3503
- (2) อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์วงจรรขยายสัญญาณ ได้แก่ 7805, 7905 LF351x2, ZD5V, 1N4148x3, RD2A/200Vx2, R4k7x3 R10K, R22kx8, R500 Ω , R250 Ω , VR500 Ω (precision) VR 10kx2 (precision), VR 50kx2(precision), VR100k (precision), C2.5nFx2, C1 ΩF , C0.1 $\Omega Fx4$, 1,000 $\Omega F/35Vx2$, PCB
- (3) สายชิลด์(shielded wire) ยาวประมาณ 2 m
- (4) ภาคแสดงผลใช้ Digital Volt Meter4digits

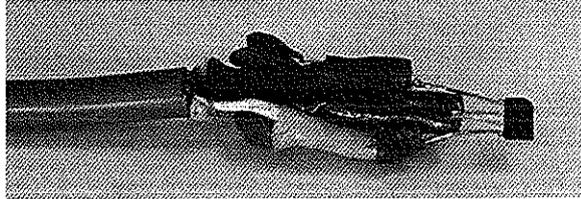
4. การสร้างและการทดลองหัววัดสนามแม่เหล็ก (Hall-Effect Probe)

การสร้างหัววัดสนามแม่เหล็กจริงจะต้องมีวงจรประกอบต่างๆเพิ่มขึ้นมาได้แก่วงจรแหล่งจ่ายไฟและวงจรรขยาย

วิธีการสร้าง

(1) สร้างหัววัดสนามแม่เหล็กโดยต่อ IC MLX90215 (หรือ 3503) เข้ากับ C2.5nFx2

(หรือ 0.1 Ω Fx2) และต่อเข้ากับสายซิลด์(สายไมโครโฟน)ตามรูป

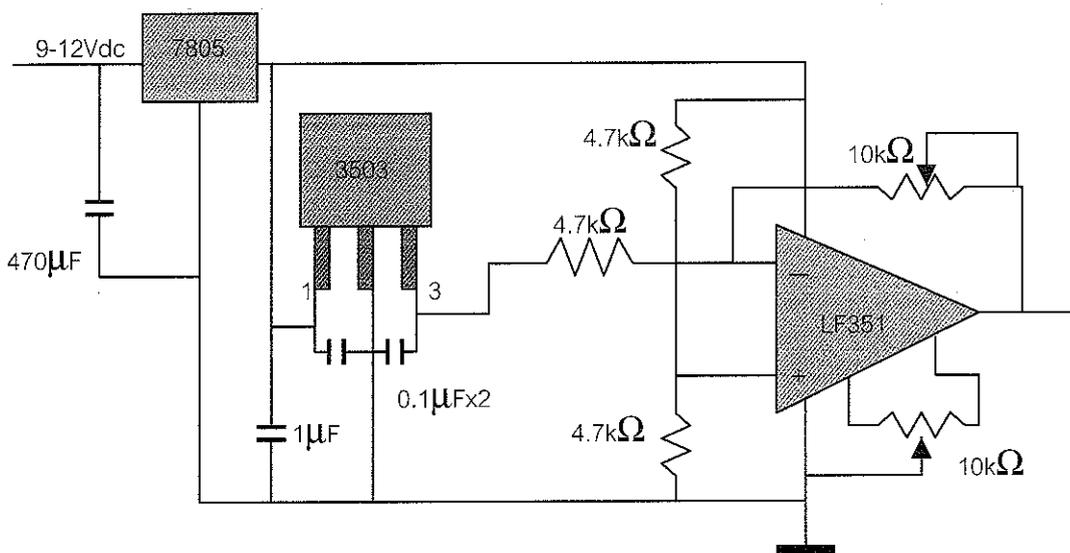


รูปที่ 5 ภาพถ่ายหัววัดสนามแม่เหล็กที่ใช้ทำการวิจัย

(2) สร้างวงจรขยายและวงจรแหล่งจ่ายไฟ จากตารางที่ 2 Sensitivity ของ 3503 มีค่าประมาณ 1.3 mV/G เราต้องสร้างวงจรปรับให้ได้ค่าที่ลงตัวเช่น 10mV/G หรือ 1mV/G จะเลือกใช้ 1mV/G เพื่อใช้ Digital Voltmeter เป็นภาคแสดงผลทาง Output ให้ค่าที่อ่านได้ 1mV แทนค่าสนามแม่เหล็ก 1Gพอดี นำค่า Sensitivity นี้ไปออกแบบวงจรขยายสัญญาณต่อจากหัววัดให้อ่านค่าบนภาคแสดงผลได้สัมพันธ์กับค่าที่วัดได้ ตัวอย่างเช่น วัดค่าสนามแม่เหล็กได้ 10Gให้ภาคแสดงผล

แสดงค่า 10mV ; วัดค่าสนามแม่เหล็กได้ 50 G ให้ภาคแสดงผลแสดงค่า 50mV เป็นต้น จึงต้องสร้างวงจรขยายแรงดันให้มีอัตราขยายแรงดันประมาณ 0.76 เท่า

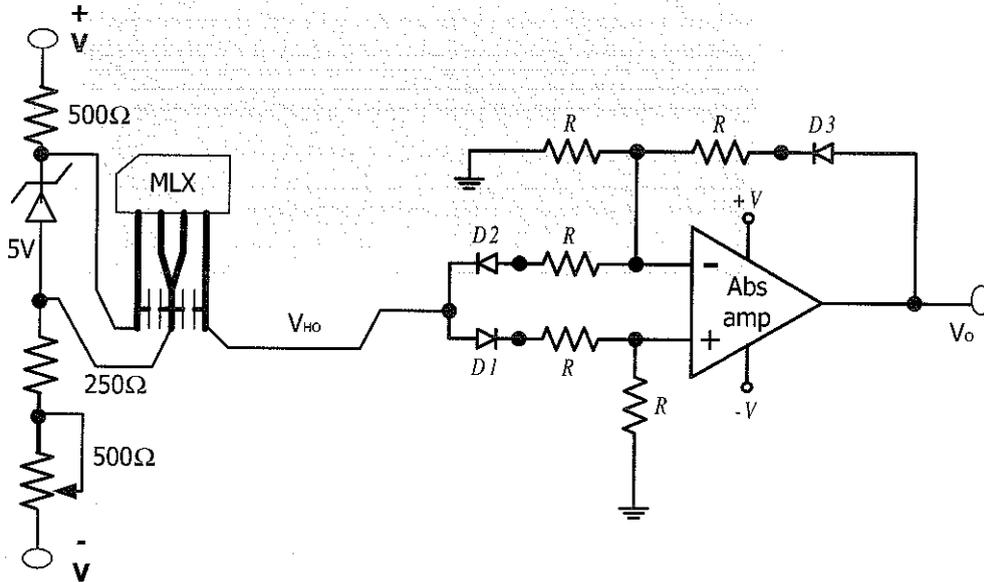
ในการสร้างวงจรขยายแรงดันจะสร้างให้วงจรสามารถปรับอัตราขยายได้ประมาณ 0.1เท่าถึง 2.0 เท่า ซึ่งจะได้วงจรขยายสัญญาณที่ใช้ Opamp เบอร์ LF351 คู่กับ IC 3503 และแหล่งจ่ายไฟตามรูป



รูปที่ 6 วงจรขยายแรงดันแบบกลับเฟสที่ปรับอัตราขยายได้ 0.1-2.0 เท่า

เมื่อสร้างวงจรได้ตามรูปแล้วปรับ Offset Voltage ของวงจร โดยปรับ VR 10k ที่ต่อระหว่างขา 1; 5 และขา 4 ของไอซี เมื่อปรับตั้งแล้วนำวงจรนี้ไปต่อจากวงจร 3503 แล้วต่อเข้า Output ของวงจรขยายเข้ากับ Digital Voltmeter แล้วทำการ Calibration โดยนำหัววัดนี้ไปวัดสนามแม่เหล็กค่าต่างๆ ดังที่ได้แสดงไว้ในตอนต่อไปอีกครึ่งหนึ่ง แล้วปรับอัตราขยายแรงดันของวงจรขยายให้มีค่าประมาณ 0.76 เท่า โดยปรับที่ R 10K (negative feedback) ของ วงจรขยายให้อ่านค่าสนามแม่เหล็กบนภาคแสดงผลได้เท่ากับที่อ่านได้จากเครื่องวัดสนามแม่เหล็กมาตรฐาน (ดูรูปที่ 9-10) โดยมีช่วงการใช้งาน -900G to 900G

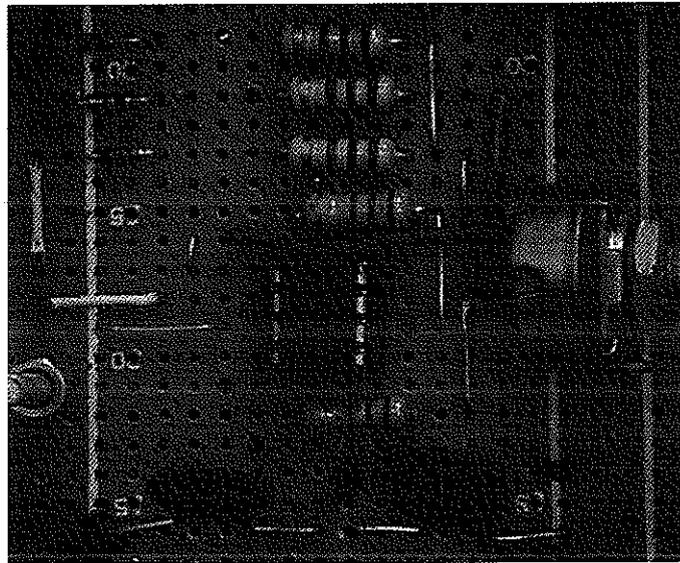
(3) สร้างวงจร Absolute Amplifier ถ้าต้องการให้ค่าที่อ่านได้เป็นค่าบวกตลอด เนื่องจาก Hall-Effect IC เป็นแบบ Ratiometric ให้เอาที่พุท ประมาณ -2.5V-0V เมื่อได้รับสนามแม่เหล็กขั้ว S และให้เอาที่พุท 0V-2.5V เมื่อได้รับสนามแม่เหล็กขั้ว N ในการนำไปแสดงผลบนภาคแสดงผลที่บางชนิดจะต้องให้เอาที่พุทของหัววัดมีแรงดันเป็นค่าบวกอย่างเดียวภาคแสดงผลจึงจะตอบสนองได้ จึงต้องให้สัญญาณจากหัววัดผ่านวงจรขยายแบบ Absolute Amplifier ตามรูป



รูปที่ 7 แสดงการต่อ Hall-Effect IC กับ Absolute Amplifier

ตามรูปเป็นวงจรถายแบบ Absolute Amplifier โดยจะได้ $V_0 = |V_{in}|$ $R=22k$, D_1 - $D_3=1N4148$, $V+=5V$ เมื่อต่อวงจรถายทดสอบการทำงานและปรับแต่งเบื้องต้นโดยใช้โวลท์มิเตอร์วัดแรงดันเอาต์พุทของ Hall IC ขณะไม่มีสนามแม่เหล็กผ่าน IC ($B=0$) ปรับ VR 500Ω จนแรงดันเอาต์พุทเป็นศูนย์ ขณะที่แรงดันอินพุท(ขา4 กับกราวด์) จะประมาณ 2.5V จากนั้นทดลองเอาแม่เหล็กถาวรเข้าไป

ใกล้ IC ด้านตัวอักษรโดยหันขั้วเหนือเข้าหา IC จะสังเกตเห็นว่าแรงดันเอาต์พุทของวงจรถายเพิ่มขึ้นตามความเข้มสนามแม่เหล็ก(B) คือเมื่อนำเอาแม่เหล็กเข้าใกล้ IC มาก แรงดันเอาต์พุทจะมากตาม โดยแรงดันที่อินพุทของวงจรถายเพิ่มขึ้นสูงกว่า 2.5V จากนั้นให้ลองกลับขั้วของแม่เหล็กหันขั้วเหนือเข้าหา IC จะเห็นแรงดันเอาต์พุทของวงจรถายเพิ่มขึ้นเช่นเดียวกันโดยแรงดันอินพุทลดลงต่ำกว่า 2.5V



รูปที่ 8 ภาพถ่ายวงจรถาย Absolute Amplifier ที่สร้างขึ้นในการวิจัย

ตามรูปแสดงการต่อวงจรถาย Absolute Amplifier ใช้ IC เบอร์ LF351 บน PCB แบบใช้งานทั่วไป ใช้ C $0.1\mu F$ ต่อคร่อมระหว่าง $V+$ กับ GND และ $V-$ กับ GND ณ จุดที่ใกล้ IC มากที่สุดเพื่อลดสัญญาณรบกวนความถี่สูงที่มาตามสายไฟแหล่งจ่ายไฟ เมื่อต่อวงจรถาย

เสร็จแล้วปรับ Offset Voltage ของ IC โดยปรับ VR 10k ที่ต่อระหว่างขา 1 และขา 5

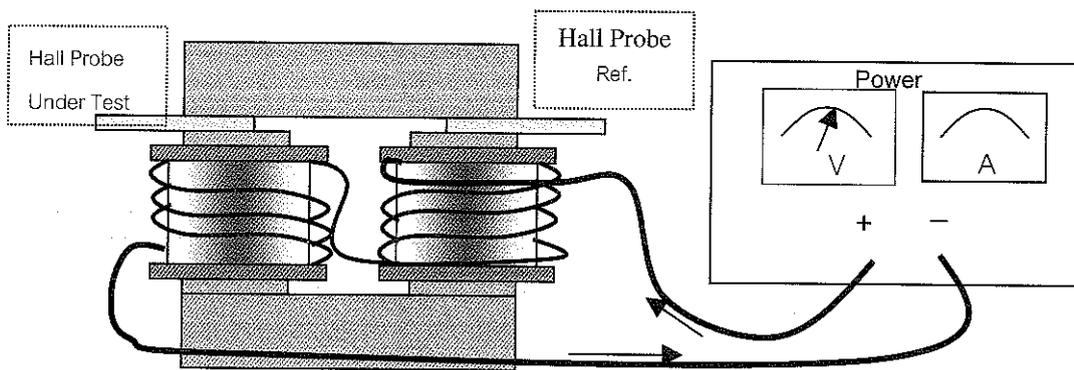
5. การทดลองวัดความสัมพัทธ์ของสนามแม่เหล็กและแรงดัน

การทดลองเบื้องต้นคือทำการปรับแต่ง(calibration) ให้แรงดันจ่ายไฟให้กับ Hall-Effect IC ได้ตามที่กำหนดแล้ว จากนั้นทดลองวัดคุณสมบัติของ Hall IC โดยวัดสนามแม่เหล็ก แรงดันเอาต์พุทของ Hall IC และเอาต์พุทของ Absolute Amp. โดยใช้ Teslameter ยี่ห้อ Phywe(German) เป็นเครื่องอ้างอิงในการวัดสนามแม่เหล็ก การทดลองนี้มีจุดมุ่งหมายเพื่อวัดค่า Sensitivity ของหัววัดที่ได้สร้างขึ้นว่ามีความไวในการวัดสนามแม่เหล็กในหน่วย mT/mV เท่าใดเพื่อจะได้นำไปขยายสัญญาณต่ออีกหนึ่งภาคขยายเพื่อให้สามารถต่อออกภาคแสดงผลได้ตัวเลขที่อ่านได้สัมพันธ์กับค่าที่วัดได้พอดี ซึ่งจะได้ข้อมูลการทดลองตามตาราง

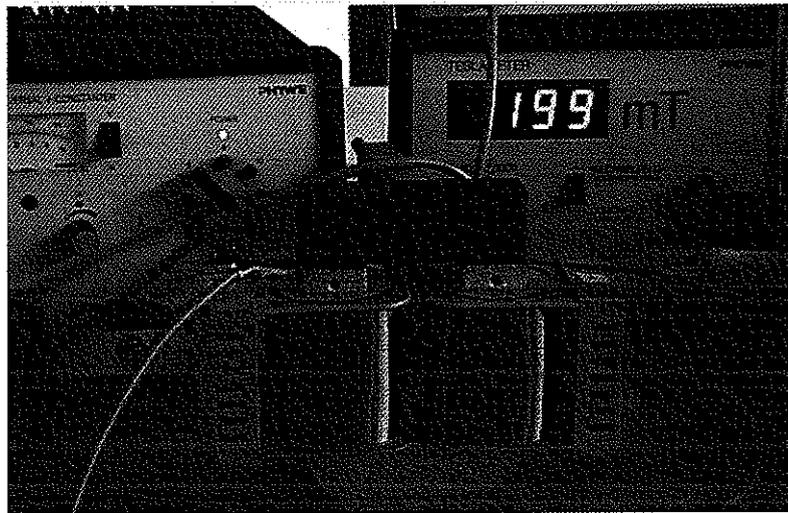
อุปกรณ์ประกอบการทดลอง

- (1) DC Power Supply 0-18 Vdc; 0-5A; PHYWE
- (2) (2) Ref.; Hall-Efect Probe; x2; PHYWE
- (3) Multimeter Fluke 73-3 x2
- (4) Ref.; Teslameter; x2; PHYWE
- (5) Coil & Core; 600□dg; 2A; 2.5W; 9mH x2; PHYWE
- (6) ชุด Under-Test ได้แก่ Hall-Effect Probe(MLX90215); Amplifier; 4-Digits DP.

ในการทดลองต่อหัววัดมาตรฐานและหัววัดที่ทำการทดลองเข้ากับชุดแม่เหล็กไฟฟ้า (dc) ที่ปรับกระแสแหล่งจ่ายไฟได้ เพื่อให้ปรับค่าสนามแม่เหล็กที่ผ่าน Probe ทั้งสองได้ตามต้องการ การทดลองนี้สนามแม่เหล็กที่ผ่าน Probe ทั้งสองแบบ(มี 3 หัววัด ref. x 2; under-test x1) จะมีขนาดเท่ากัน อุปกรณ์ทดลองเป็นตามรูป



รูปที่ 9 แสดงการต่ออุปกรณ์ในการวัดค่าสนามแม่เหล็ก



รูปที่ 10 แสดงภาพถ่ายการต่ออุปกรณ์จริงในการ Calibration หัววัดค่าสนามแม่เหล็ก

ตารางที่ 3 แสดงข้อมูลการทดลอง Hall-Effect Probe (MLX)

ครั้งที่	B(mT)	$V_{OH}(V)$	$V_o(V)$
1	± 20	± 0.198	0.198
2	± 40	± 0.389	0.389
3	± 60	± 0.612	0.612
4	± 80	± 0.808	0.808
5	± 100	± 1.010	1.010
6	± 120	± 1.190	1.190
7	± 140	± 1.401	1.401
8	± 160	± 1.590	1.590
9	± 180	± 1.798	1.798
10	± 200	± 1.205	1.205
11	± 220	± 2.190	2.190
12	± 230	± 2.300	2.300
13	± 240	± 2.310	2.310
14	± 250	± 2.314	2.314

จากตารางเป็นข้อมูลของ MLX90215 นำข้อมูลไปวิเคราะห์หาความไวในการวัดค่า

สนามแม่เหล็กของ Hall IC ซึ่งจะเห็นว่าได้ Magnetic Flux Density Sensitivity ประมาณ

10 mV/mT นำค่า Sensitivity นี้ไปวิเคราะห์เทียบกับค่าแสดงผลที่อ่านค่าแรงดันในหน่วย mV จะเห็นได้ว่าสามารถนำสัญญาณจากเอาท์พุทของ Absolute Amp. ต่อเข้ากับภาคแสดงผลที่เป็น Digital Voltmeter ได้ โดยให้อ่านค่าที่แสดงบนหน้าปัดของมิเตอร์สัมพันธ์กับค่าที่วัดได้ เช่นวัดค่า B ได้ 10mT ให้ภาคแสดงผลแสดงค่า 100mV ; วัดค่า B ได้ 50mT ให้ภาคแสดงผลแสดงค่า 500mV หรือ 0.5V เป็นต้น จึงไม่จำเป็นต้องมีภาควงจรขยายสัญญาณต่อจาก Absolute Amp. ก่อนที่จะเข้าภาคแสดงผล

แต่ถ้าต้องการให้อ่านค่าได้ตัวเลขตรงกัน เช่นถ้าอ่านจาก Voltmeter ได้ 100mV แสดงว่าสนามแม่เหล็กมีค่า 100mT ก็ต้องสร้างวงจรวงจรขยายให้มีอัตราขยาย 0.1 เท่า โดยใช้วงจรวงจรขยายตามรูปที่ 6 หรือถ้าท่านต้องการจะสร้างภาคแสดงผลขนาดใหญ่ ให้ได้ทำอะไรที่มันๆหน่อย สำหรับใช้เป็นภาคแสดงผลสอนหน้าห้องให้นักเรียนเห็นได้ทั้งห้องก็ต้องใช้ภาคแสดงผลที่ใช้ Microcontroller เป็นตัวโปรเซสสัญญาณตามรูป



ดูบทความอื่นๆ ได้จากWebsite ภาควชฟลสิกส์ <http://science.rip.ac.th/~physics/>
หรือ <http://science.rip.ac.th>

“The whole of science is nothing
more than a refinement of every day thinking”

Albert Einstein(1879-1955)

“ทั้งหมดของวิทยาศาสตร์ไม่ได้มีอะไรมากไปกว่า
การขัดเกลาความคิดในชีวิตประจำวัน ให้ละเอียดลึกซึ้งยิ่งขึ้น”
อัลเบิร์ต ไอน์สไตน์ (ปรมาจารย์ทางฟิสิกส์)

