การวัดผลลัพธ์การเรียนรู้ของนักศึกษาในวิชาภาคปฏิบัติการโดยเชื่อมโยงกับวิชาภาคทฤษฎีตามแนวทางมาตรฐานของ ABET

Measurement of Student Outcomes in Laboratory – Lecture Courses Conformal Mapping using ABET Outcome Based Education

มนตรี เกตุสะอาด[1] และ ผศ.เดชา วิไลรัตน์ [2,*]

[1,2] ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล อ. พุทธมณฑล ต. ศาลายา จ. นครปฐม 73170

[1] E-mail address: montree.ket@mahidol.ac.th

[2,] Corresponding author; E-mail address: decha.wil@mahidol.ac.th*

บทคัดย่อ

บทความนี้นำเสนอแนวความคิดและขบวนการในการเข้าถึงและการประมวลผลตัวชี้วัดผลลัพธ์การเรียนรู้ของนักศึกษา ในวิชาภาคปฏิบัติการที่สอนในห้องปฏิบัติการต่างๆ ที่ทุกหลักสูตรในสาขาวิศวกรรมทุกสาขาสามารถใช้เป็นแนวทางได้ การทำให้ได้มาซึ่งการบรรลุเป้าหมายตามมาตรฐานการรับรองหลักสูตรของ ABET (Accreditation Board of Engineering and Technology) รวมทั้งเทคนิคต่างๆ ที่ใช้ในการวัดและการประมวลผลของวิชาปฏิบัติการกับวิชาภาคทฤษฎีที่สอนควบคู่กันจะถูกอภิปรายในบทความนี้ โดยเฉพาะตัวชี้วัดผลลัพธ์การเรียนรู้ของนักศึกษาตัวที่ 5 และ 6 ของ ABET บทสรุปจะแสดงเปอร์เซ็นต์การบรรลุผลการเรียนรู้ดังกล่าวของการเชื่อมโยงกันอย่างมีนัยยะของวิชาภาคปฏิบัติการและภาคทฤษฎี ซึ่งทดลองใช้กับนักศึกษา สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้าจำนวนสามรุ่นปีการศึกษาได้ผลเป็นที่น่าพอใจ อันส่งผลต่อนักศึกษาให้มีความรู้ความสามารถในการทำโครงงานในชั้นปีสุดท้ายและส่งเสริมการเรียนรู้ด้วยตนเองของนักศึกษาต่อไป

คำสำคัญ: ผลลัพธ์การเรียนรู้ของนักศึกษา, การศึกษาอิงผลลัพธ์การเรียนรู้, ABET

Abstract

This article presents ideas and methods for assessment and evaluation of the student outcomes in laboratory courses, conducting in Lab. room for all engineering fields. How to achieve the ABET (Accreditation Board of Engineering and Technology) standard ; measurement techniques in order to align the lab-lectures courses evaluation will be discussed in this article, especially the student outcomes 5 and 6 (SO5 and SO6). In summary shown the conformal mapping between laboratory and lecture courses to meet the requirement and the percent achievement of the student outcomes result for three academic years are illustrated and satisfied as expectation. These results impact to the student's knowledge, giving their abilities to perform the senior Capstone project and enhance the self-learning for the students in the future.

Keywords: Student Outcomes (SO), Outcome Based Education (OBE), ABET

1. บทนำ

ในการเรียนการสอนสาขาวิศวกรรมใดก็ตาม นอกจากความรู้ ความเข้าใจในภาคทฤษฎีแล้ว ทักษะและความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิศวกรรมอันได้มาจากการฝึกฝนในวิชาภาคปฏิบัติการต่างๆ ในห้องปฏิบัติการก็มีความสำคัญไม่แพ้กัน เพราะเมื่อนักศึกษาสำเร็จการศึกษาออกไปเป็นวิศวกรในโรงงานอุตสาหกรรม หรือทำงานในด้านการวิจัย ล้วนจำเป็นต้องมีทักษะการคิดเชิงวิเคราะห์ (critical thinking skills) [1]-[2] และทักษะการแก้ปัญหาทางเทคนิค (technical troubleshooting skills) [3]-[4] ควบคู่กันไปด้วย ซึ่งถ้าหลักสูตรใดสามารถสร้างวิศวกรออกไปสู่ตลาดแรงงานโดยมีทักษะความสามารถทั้งสองด้านได้ดี จะเป็นที่ต้องการของบริษัทที่มีการรับวิศวกรใหม่เข้ามา หรือเป็นที่ต้องการของผู้ใช้บัณฑิตในตลาดแรงงานอื่นๆ เป็นอย่างมาก การทำให้หลักสูตรสามารถผลิตวิศวกรได้อย่างมีคุณภาพนั้น นอกจากจะได้รับรองจากสภาวิชาชีพ เช่น สภาวิศวกรแล้ว อาจจะยังไม่เพียงพอสำหรับการทำงานในโลกยุคโลกาภิวัฒน์ ซึ่งเป็นที่ยอมรับกันในปัจจุบันว่าวิศวกรที่จบในหลักสูตรที่ได้รับการรับรองมาตรฐานนานาชาติ และเป็นผู้ที่มีความรู้ความสามารถทางภาษาอังกฤษดีระดับหนึ่ง สามารถที่จะทำงานที่ไหนในโลกก็ได้ ทำให้โอกาสของวิศวกรผู้นั้นเปิดกว้างกว่าวิศวกรที่จบจากที่อื่น ดังนั้นหลักสูตรที่ผ่านการรับรองจากสถาบันที่ได้รับการยอมรับในระดับนานาชาติ หนึ่งในสถาบันนั้นคือ ABET [5] (Accreditation Board of Engineering and Technology) ซึ่งทำหน้าที่ในการให้การรับรองมาตรฐานหลักสูตรทางด้านวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยีจากประเทศสหรัฐอเมริกา ที่คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล ได้รับการรับรองถึง 6 หลักสูตรเป็น

แห่งแรกของประเทศไทยตั้งแต่ปี พ.ศ. 2564 และสาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้าก็เป็นหนึ่งในหลักสูตรที่ได้รับการรับรองมาตรฐานจาก ABET ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า จึงให้ความสำคัญต่อการควบคุมมาตรฐานการศึกษาตามการประเมินอิงตัวชี้วัดผลลัพธ์การเรียนรู้ของนักศึกษา (Student Outcomes :SO) [6] ของ ABET ในทุกตัวชี้วัด ซึ่งความท้าทายหนึ่งสำหรับการตรวจสอบว่าวิชาสอนที่เกี่ยวข้องกับปฏิบัติการหรือการทำการทดลองต่างๆ ในหลักสูตรได้ผ่านเกณฑ์การวัด ผลลัพธ์การเรียนรู้ของนักศึกษาหรือไม่ หรือมีขบวนการ การดำเนินการอย่างไร ซึ่งจะเป็นหัวข้อหลักที่จะอภิปรายในบทความนี้

2. ผลลัพธ์การเรียนรู้ของนักศึกษา (SO : Student Outcomes) ตามข้อกำหนด ABET

ในการทำรายงานการศึกษาตนเองของหลักสูตร (Self Study Report : SSR) ประจำปีการศึกษา เพื่อส่งให้คณะกรรมการพิจารณา ในส่วนที่เป็น General Criteria ซึ่งมีจำนวน 8 Criteria [6] นั้น จะมี Criteria ที่ 3 ที่ได้กล่าวถึงผลลัพธ์การเรียนรู้ของนักศึกษาหรือ SO ซึ่งมีจำนวน SO ทั้งหมด 7 ข้อ คือข้อที่ SO1 ถึง ข้อที่ SO7 โดยที่วิชาปฏิบัติการส่วนใหญ่จะถูกประเมินและวัดผลด้วย SO ข้อที่ 5 และ 6 (SO5 กับ SO6) ดังมีข้อความต่อไปนี้

SO5 : an ability to function effectively on a team whose members together provide leadership, create a collaborative and inclusive environment, establish goals, plan tasks, and meet objectives.

และ SO6 มีข้อความต่อไปนี้

SO6: an ability to develop and conduct appropriate experimentation, analyze and interpret data, and use engineering judgment to draw conclusions.

จะเห็นว่าทั้ง SO5 และ SO6 ไม่ได้เน้นเรื่องการหาคำตอบหรือแก้ปัญหาโจทย์แบบที่นักศึกษาได้ฝึกทำการบ้าน หรือทำข้อสอบในวิชาภาคทฤษฎีโดยใช้ความรู้ทางคณิตศาสตร์และวิทยาศาสตร์โดยตรง แต่จะเน้นการทำงานร่วมกับผู้อื่นได้ (teamwork) เพื่อให้งานบรรลุเป้าหมายใน SO5 และเน้นความสามารถในการรวบรวมข้อมูลที่ได้จากการทดลอง โดยการทดลองอาจจะต้องมีการคิดขั้นตอน หรือวิธีการทำการทดลองขึ้นมาเอง (develop and conduct) อย่างเป็นลำดับที่ถูกต้องและนำข้อมูลจากการทดลองมาวิเคราะห์ผล ตีความ (analyze and interpret data) ซึ่งอยู่ใน SO6 ดังนั้นในการที่จะทำการเข้าถึงและประเมินผล (assessment and evaluation) ผลลัพธ์การเรียนรู้ SO5 และ SO6 ของ ABET นั้น ผู้เขียนบทความขอเสนอให้จับประเด็นความหมายของคำสำคัญ (keywords) ที่กล่าวถึงใน SO5 และ SO6 ดังแสดงในตารางที่ 1 และต้องแปลประเด็นความหมายของคำสำคัญดังกล่าวด้วยการสร้างตารางเกณฑ์การให้คะแนน หรือ Rubrics โดยการประเมินจะทำผ่านตารางเกณฑ์การให้คะแนนนี้ที่ผู้สอนจะต้องสร้างขึ้นมาเอง การสร้างตาราง rubrics ผู้สอนจะต้องใช้ดัชนีชี้วัดประสิทธิผล (Performance Indicator : PI)[7] ที่เหมาะสมให้สอดคล้องกับคำสำคัญและตาราง rubrics ที่ออกแบบมาเพื่อใช้ในการวัดผล ดังจะกล่าวในหัวข้อถัดไป

ตารางที่ 1 คำสำคัญ (keywords) ที่พบใน SO5 และ SO6

Student Outcome	ทำงานเป็นทีม	ภาวะผู้นำ	ออกแบบการทดลองที่เหมาะสม	วิเคราะห์ผลและการตีความข้อมูล	สรุปผลการทดลอง
SO5	✓	✓			
SO6			✓	✓	✓

3. การดำเนินงาน

ในบทความนี้จะใช้วิชาปฏิบัติการการออกแบบวงจรอิเล็กทรอนิกส์ (EGEE 341 Electronic Circuit Design Laboratory) ซึ่งเป็นวิชาบังคับสำหรับนักศึกษาสาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า ชั้นปีที่ 3 ที่ได้ทำการสอนจริงในปีการศึกษา 2564 โดยเริ่มตามลำดับหัวข้อย่อยดังต่อไปนี้

3.1 คุณสมบัติของนักศึกษา

นักศึกษาที่มีสิทธิ์ลงทะเบียนวิชา EGEE 341 ได้นั้นจะต้องเป็นไปตามข้อกำหนดในตัวเล่มหลักสูตรที่ได้กำหนดลำดับของรายวิชาที่ต้องเรียนก่อน (Pre-requisite) เอาไว้ โดยผู้ที่สามารถลงทะเบียนวิชาปฏิบัติการนี้ได้จะต้องผ่านวิชา EGEE 213 Electric Circuit Analysis และผ่านวิชาอิเล็กทรอนิกส์พื้นฐาน EGEE 240 Engineering Electronics ในชั้นปีที่ 2 มาก่อน และขณะเดียวกันจะต้องลงวิชาภาคทฤษฎี (lecture) การออกแบบวงจรอิเล็กทรอนิกส์ (EGEE 340 Electronic Circuit Design) ซึ่งถือเป็นวิชาที่ต้องเรียนร่วม (Co-requisite) กับวิชาปฏิบัติการนี้ด้วย ดังนั้นการลงทะเบียนออนไลน์ที่ปัจจุบันทางงานการศึกษาได้เปิดระบบไว้ให้นักศึกษาใช้จะต้องมั่นใจว่าระบบจะกีดกัน (block) ผู้ที่ไม่ผ่านวิชา EGEE 213 หรือ EGEE 240 ไม่ให้มีสิทธิลงทะเบียนวิชา EGEE340 และ EGEE 341 ตามข้อบังคับวิชาที่ต้องเรียนก่อน-หลังของหลักสูตรได้ ไม่เช่นนั้นการวัดผลจะได้ผลลัพธ์ที่ไม่ถูกต้องเนื่องจากวิชา EGEE 340 และ EGEE 341 เป็นวิชาต่อยอดจากวิชาอิเล็กทรอนิกส์ EGEE 240 ที่เป็นพื้นฐานก่อนหน้าที่เรียนมาในชั้นปีที่ 2 ถ้าไม่ผ่านวิชาก่อนหน้ามา จะทำให้ความรู้ของนักศึกษาไม่เพียงพอและทำให้การวัดผลผิดเพี้ยนได้

3.2 การปรับ Course Syllabus / Course Learning Outcomes

การปรับประมวลผลรายวิชาหรือ course syllabus นั้นจำเป็นอย่างยิ่ง เพราะเป็นเสมือนการปรับขบวนการเข้าถึงการประเมินด้วยเครื่องมือหรือวิธีการที่เหมาะสมกับ SO นั้นๆ ไม่ว่าจะเป็นการเข้าถึงการประเมินโดยตรง (Direct Assessment) เช่นการดูผลของคะแนนจากการสอบหรือการเข้าถึงการประเมินโดยอ้อม (Indirect Assessment) เช่นการสังเกตพฤติกรรมของนักศึกษา ซึ่งในกรณีของวิชาปฏิบัติการเราจะใช้การเข้าถึงการประเมินโดยอ้อมเป็นหลักเนื่องจากในการวัดผลลัพธ์การเรียนรู้ของนักศึกษา SO5 และ SO6 จะเน้นทักษะการทำงานร่วมกันกับผู้อื่น รวมทั้งการเขียนรายงาน การสรุปวิเคราะห์ผล และประเด็นสำคัญที่ได้จากการทดลอง จะเป็นเรื่องที่มุ่งเน้นตามคำสำคัญในตารางที่ 1 โดยการปรับ course syllabus จะเริ่มจากการปรับผลลัพธ์การเรียนรู้ของวิชาหรือ

Course Learning Outcomes (CLO บางสถานศึกษาใช้คำว่า Sub-PLO) เพื่อให้ตอบคำสำคัญในตารางที่ 1 ดังแสดงตัวอย่างบางส่วนของ CLO วิชา EGEE 341 ในรูปที่ 1

Department of Electrical, Faculty of Engineering EGMU-ABET FORM #1 (Syllabus)

Course Learning Outcomes (CLOs)

At the end of the course, students should be able to:	*Student Outcomes (SOs)**
CLO 1.1 Understand the operation and current-voltage characteristics of BJT Op-Amp and MOSFE Transistor.	5
1.2 Understand how a BJT and MOSFET can be used as an amplifier with frequency limit consideration	5 and 6
CLO 2 Understand the basic principles of feedback circuit with BJT and MOSFET transistor.	5 and 6
CLO 3 Understand the operation and performance parameters of the power amplifier circuits in several types.	5 and 6
CLO 4.1 Are aware of the different linear oscillator circuits with Op-Amp , BJT and MOSFET transistor.	5 and 6

รูปที่ 1 Course Learning Outcome (CLO) ของวิชา EGEE 341 สำหรับนักศึกษาที่ลงทะเบียนในปีการศึกษา 2564

และปรับการให้สัดส่วนหรือค่าน้ำหนัก (weight) ของคะแนน อันมีผลต่อการจัดลำดับพิสัย (range) ของการตัดเกรดในรายวิชา EGEE 341 จะเป็นดังแสดงในรูปที่ 2

Class/laboratory schedule: Three 50-minute lectures per week One problem solving session per 2 weeks.

Evaluation methods (Direct /Indirect Assessment)		Grading	Final score (% Range)
1. Laboratory exam :	40 %	A	80-100
2. Laboratory quiz :	10 %	B+	75-80
3. Laboratory report + Questions :	10 %	B	70-75
4. Laboratory Practice :	25 %	C+	65-70
4. Electronic Kit Project:	15 %	C	60-65
Total	100 %	D+	55-60
		D	50-55
		F	Less than 50

รูปที่ 2 การให้สัดส่วนหรือค่าน้ำหนัก (weight) คะแนนของวิชา EGEE 341 สำหรับนักศึกษาที่ลงทะเบียนในปีการศึกษา 2564

จะเห็นว่าเราใช้การสังเกตพฤติกรรมถึง 60 % (ผลรวมจากหัวข้อที่ 2 ถึง 4 ของรูปที่ 2) เพราะส่วนนี้เป็นคะแนนที่ได้จากการทำงานเป็นกลุ่ม โดยอิงจากดัชนีชี้วัดประสิทธิผล (Performance Indicator : PI) [7] ในการตรวจวัดวิชาลักษณะนี้ ขณะที่อีก 40 % (หัวข้อที่ 1) ผู้สอนได้จัดสอบปฏิบัติการวิชานี้แบบสอบเดี่ยวหรือรายคน เพื่อที่จะตอบในส่วนของการประเมินผลวิชาหรือเกรด แต่การผลลัพธ์การเรียนรู้ SO5 และ SO6 จะใช้ค่าที่คิดจากจำนวนกลุ่มทำงานในวิชานี้ ซึ่งนักศึกษามีทั้งหมด 48 คน จัดแบ่งเป็น 24 กลุ่ม กลุ่มละ 2 คน และมีการติดตามแต่ละกลุ่มว่าได้ทำงานสอดคล้องตามตาราง Rubric อย่างไร โดยคิดเป็นเปอร์เซ็นต์เทียบกับจำนวนกลุ่มทั้งหมดของห้อง (24 กลุ่ม) ถ้ามีจำนวนกลุ่มทำงานผ่านในแต่ละหัวข้อเกิน 70 % ก็จะถือว่าผ่านการประเมิน โดยขอเริ่มดังนี้

3.2.1 Lab Quiz Rubric (ค่าน้ำหนัก 10%)

จะเป็นการถามคำถามแบบอัตนัยราว 2-3 ข้อที่เกี่ยวข้องกับการทดลองก่อนที่จะเริ่มต่อวงจรทำการทดลองทุกครั้ง โดยต้องเน้นว่าการทำปฏิบัติการวิชา EGEE 341 นี้จะต้องมีเวลาลงฝึกในห้องปฏิบัติการตามเวลาที่เหมาะสม สอดคล้องกันกับการเรียนวิชาในภาคทฤษฎีคือวิชา EGEE 340 กล่าวคือควรเรียนเนื้อหาในภาคทฤษฎีให้จบก่อน ก่อนที่จะมาลงมือปฏิบัติการต่อวงจรจริง อันเป็นตัวอย่างการเรียนการสอนที่ดี (best practice) โดยนักศึกษาในกลุ่มสามารถปรึกษากันได้ คำถามจะไม่ได้ยากหรือง่ายจนเกินไป แต่จะเน้นความพร้อมในเรื่องของความรู้ก่อนต่อวงจรปฏิบัติการนั้นๆ การจะผ่านการทดสอบ Lab Quiz ผู้สอนจะตั้งเกณฑ์ว่าต้องทำถูกในช่วงคะแนน 16-20 คะแนน ซึ่งก็มีนักศึกษาถึง 22 กลุ่ม จาก 24 กลุ่มทำในส่วนนี้ได้ และเมื่อคำนวณจำนวนกลุ่มที่ผ่านเกณฑ์ จะคิดเป็น 91.67 เปอร์เซ็นต์เมื่อเทียบกับกลุ่มทั้งหมดดังแสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 Lab Quiz Rubric สำหรับ EGEE341_ปีการศึกษา 2564

แย่ (0-5 คะแนน)	พอใช้ (6-10 คะแนน)	ดี (11-15 คะแนน)	ดีเยี่ยม (16-20 คะแนน)
-	-	8.33 % (2/24)	91.67 % (22/24)

3.2.2 Lab Report Rubric (ค่าน้ำหนัก 10%)

ในส่วนนี้จะเป็นการตรวจการเขียนรายงานการทดลองที่ได้มาจากการต่อวงจรต่างๆ เพื่อมาวิเคราะห์ผลและตีความข้อมูล รวมทั้งสรุปสาระสำคัญของการทดลอง อันจะเป็นการตรวจการผ่านเกณฑ์สำหรับผลลัพธ์การเรียนรู้ SO6 แต่เนื่องจากการทำรายงานการทดลองจะส่งในสัปดาห์ถัดไป และกลับไปทำที่บ้าน จึงทำให้ผู้สอนไม่ได้ให้ค่าน้ำหนักมากนักเพราะไม่ทราบว่านักศึกษาแต่ละกลุ่มได้ทำการแลกเปลี่ยนข้อความในรายงานกันหรือไม่ อย่างไรก็ตามตาราง rubric ส่วนนี้ก็มีความสำคัญโดยการอ่านจากรายงานที่ส่ง ทั้งสรุป และดูความเข้าใจการต่อวงจรว่าผลการทดลอง และการเขียนรายงานมีการเชื่อมโยงเกี่ยวข้องกับการเรียนในภาคทฤษฎีอย่างไร รวมทั้งตอบคำถามท้ายการทดลองได้ถูกต้อง โดยได้ให้คะแนนแต่ละรายงานการทดลองอยู่ในช่วง 16-20 คะแนนจะถือว่าผ่านเกณฑ์ ซึ่งก็มีนักศึกษาถึง 23 กลุ่ม จาก 24 กลุ่มทำในส่วนนี้ได้ (หรือ 95.83%) ดังในตารางที่ 3

ตารางที่ 3 Lab Report Rubric สำหรับ EGEE341_ปีการศึกษา 2564

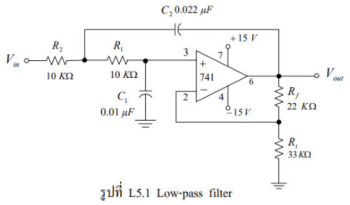
แย่ (0-5 คะแนน)	พอใช้ (6-10 คะแนน)	ดี (11-15 คะแนน)	ดีเยี่ยม (16-20 คะแนน)
-	-	41.17 % (1/24)	95.83 % (23/24)

โดยรูปที่ 3 แสดงตัวอย่างในรายงาน การแสดงผลและการอ่านค่าข้อมูลการทดลองในรายงานการทดลองของนักศึกษา

สรุปผลการทดลอง
จากการทดลองที่ 1 เมื่อต่อวงจร Active Low-Pass Filter และวัดความถี่เอาท์พุตแล้วหาเป็น voltage gain เมื่อ plot เป็นกราฟจะได้ดังกราฟในวิเคราะห์ผลการทดลอง คือเมื่อถึงความถี่ค่าหนึ่งแล้วกราฟจะถูกลดทอนลง ซึ่งจะหา cutoff frequency จากกราฟได้เท่ากับ 1073 Hz ซึ่งเป็นความถี่ที่มี gain สูงสุดของกราฟ และหา voltage gain จากกราฟได้เท่ากับ1.67 สรุปได้ว่าวงจร Active Low-Pass Filter จะกรองความถี่สูงออกและให้ความถี่ต่ำผ่าน

รูปที่ 3 ตัวอย่างรายงานผลการทดลองเรื่อง Low pass filter circuit

วิธีการทดลอง



รูปที่ L5.1 Low-pass filter

1. ต่อวงจร active low-pass filter ดังแสดงในรูปที่ L5.1 จากรูปวงจรให้ นศ. คำนวณหาความถี่ cutoff และค่า voltage gain A_v (midband) $f_C =$ 1073 Hz ; $A_v =$ 5/3
2. ป้อนสัญญาณอินพุต v_{in} เป็นรูปคลื่น sine wave ขนาด 1 V_{PP} โดยมีความถี่ตามตารางที่ 5.1 แล้ววัดสัญญาณเอาท์พุตและคำนวณหาค่า voltage gain A_v

ตารางที่ 5.1

ความถี่ f (Hz)	100	200	400	500	700	1K	1.2K	1.5K	2K	2.5K	3K	4K	5K	7 K
$v_o(V_{PP})$	1.75	1.79	1.35	2.09	2.59	3.54	2.83	1.51	0.659	0.39	0.26	0.145	0.092	0.042
$A_v = \frac{v_o}{v_{in}}$	1.75	1.79	1.35	2.09	2.59	3.54	2.83	1.51	0.659	0.39	0.26	0.145	0.092	0.042

รูปที่ 3 (ต่อ) ตัวอย่างรายงานการทดลองเรื่อง Low pass filter circuit

3.2.3 Lab Practice Rubric (ค่าน้ำหนัก 25%)

ในส่วนนี้จะเป็นการวัดตัวชี้วัดผลลัพธ์การเรียนรู้ SO5 โดยผู้สอนได้ทำงานร่วมกับวิศวกรหรือผู้ช่วยสอน (Teaching Assistance : TA) ในการควบคุมดูแลการต่อวงจรในห้องปฏิบัติการ ทั้งในเรื่องความปลอดภัยหรือการเข้าไปช่วยนักศึกษาแก้ปัญหาวงจร (troubleshooting) ในกรณีที่นักศึกษาต่อวงจรผิดแล้วไม่สามารถแสดงผลลัพธ์ที่ถูกต้องได้ โดยตาราง rubric การให้คะแนนในส่วนนี้แสดงในตารางที่ 4

ตารางที่ 4 Lab Practice Rubric สำหรับ EGEE341_ปีการศึกษา 2564

เรียกอาจารย์มาช่วยต่อวงจรเกิน 5 ครั้ง	ต่อวงจรได้แต่ต้องช่วยแก้ไข 1-2 ครั้ง	ต่อวงจรได้เกือบครบทุกวงจรโดยไม่ต้องมาช่วย	ต่อวงจรเสร็จครบ
8.37 % (2/24)	12.50 % (3/24)	20.83 % (5/24)	58.33 % (14/24)

ทางผู้สอนวัดผลการต่อวงจรจริงหรือ Lab Practice โดยใช้การสังเกตจากค่าความถี่ที่กลุ่มนักศึกษาแต่ละกลุ่มเรียกให้ผู้สอนหรือผู้ช่วยสอน เข้าไปซ่อมหรือแก้ไขให้วงจรทำงานได้ถูกต้อง โดยตั้งเกณฑ์ไว้ว่าถ้ากลุ่มใดสามารถต่อวงจรได้เองโดยไม่มีการเรียกไปช่วยเหลือเลยจะผ่านเกณฑ์ ซึ่งจากตารางที่ 4 จะเห็นได้ว่ามี 5 กลุ่มจาก 24 (สดมภ์ที่ 1 และ 2 ในตาราง) กลุ่มเรียกให้เข้าไปช่วยเหลือ โดยระหว่างการเข้าไปช่วยเหลือนั้น ผู้สอนก็ได้สังเกตการทำงานเป็นทีมของกลุ่มไปในตัวว่าปรึกษาหารือช่วยเหลือกันแค่ไหน ส่วนอีก 19 กลุ่ม (สดมภ์ที่ 3 และ 4 ในตาราง) สามารถต่อวงจรได้เอง อาจจะครบทุกวงจรตามการทดลองวันนั้นหรือทำการต่อบางวงจรไม่ทันอยู่บ้าง ซึ่งรวมกันแล้วมีถึง 79.16 % (มากกว่า 70%) ที่ผ่าน Lab Practice นี้

นอกจากนี้ยังมีสัดส่วนการให้คะแนนจากการให้นักศึกษาแต่ละกลุ่มไปหาวงจรประกอบ (Electronic Kit Project) มาส่งในวิชา เปรียบเสมือนเป็น mini project หรือโครงงานขนาดย่อมของวิชานี้ ซึ่งวงจรดังกล่าวจะต้องมีความซับซ้อนระดับหนึ่ง เช่นวงจรขยายกำลังเครื่องเสียง (Power Amplifier Circuit) โดยที่เป้าหมายของการคิดคะแนนส่วนนี้ต้องการที่จะให้นักศึกษาออกไปหาอุปกรณ์ที่จำหน่ายจริง และได้ลงมือทำชิ้นงานที่นักศึกษาอยากเข้าใจและเรียนรู้ด้วยตนเอง โดยหัวข้อของ mini project นี้จะเชื่อมโยงกับวิชา EGEE 340 (ทฤษฎี) และวิชา EGEE 341 (ปฏิบัติการ) จะทำให้นักศึกษามีประสบการณ์มากขึ้นในทางปฏิบัติ ส่วนการคิดคะแนนจะคิดเป็นสัดส่วน 15 % ของวิชา และใช้ควบคู่ไปกับวิชา EGEE 340 ที่เรียนในภาคทฤษฎีด้วย ซึ่งส่วนใหญ่ทุกกลุ่มจะได้คะแนนส่วนนี้เต็ม โดยต้องนำวงจรมาส่งพร้อมแสดงการทำงานที่สมบูรณ์ และต้องนำเสนออธิบายการทำงานของวงจรเหล่านั้นด้วย ไม่ใช่เพียงแค่มาส่งโดยไม่เข้าใจการทำงานของวงจรเลย ตัวอย่างของวงจรประกอบที่นักศึกษาได้ทำรายงานส่งพร้อมรายงานการนำเสนอเป็นแสดงดังรูปที่ 4 และวงจรประกอบ (Electronic Kit Project) ในรูปที่ 5

คำนำ

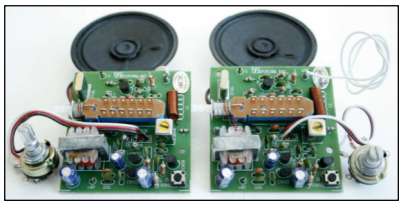
รายงานฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของรายวิชา EGEE 340 Electronics Circuit Design โดยมีจุดประสงค์ เพื่อศึกษาเกี่ยวกับวงจรวิทยุรับ-ส่ง 27MHz (WALKY TALKY 27 MHz CODE 711) เป็นวงจรอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้นที่เกี่ยวข้องกับรายวิชา EGEE 340

ผู้จัดทำได้เลือกหัวข้อนี้ในการทำรายงาน เนื่องจากเป็นวงจรที่น่าสนใจและอยากลองที่จะทำ ผู้จัดทำต้องขอขอบคุณ ผศ. เดชา วิไลรัตน์ และ รศ.ดร สุรโชค ธนพิทักษ์ ผู้ให้ความรู้และแนวทางในการศึกษามาโดยตลอด

ผู้จัดทำหวังว่ารายงานฉบับนี้ จะให้ความรู้และเป็นประโยชน์แก่ผู้อ่านทุกๆท่าน หากรายงานฉบับนี้มีข้อผิดพลาดประการใด ทางผู้จัดทำต้องขออภัยมา ณ ที่นี้ด้วย

คณะผู้จัดทำ

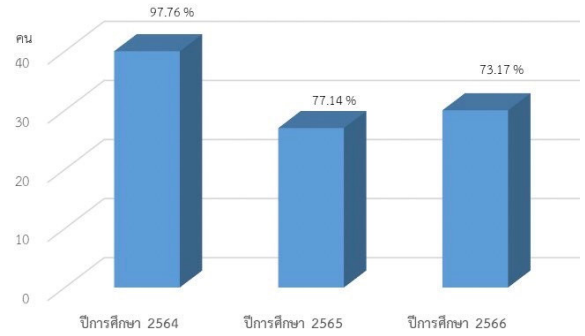
รูปที่ 4 ตัวอย่างรายงาน Electronic Kit Project



รูปที่ 5 ตัวอย่าง Electronic Kit Project

จากการใช้ Rubric ทั้งสามหัวข้อ (3.2.1 – 3.2.3) ที่ผ่านมาจะเห็นได้ว่ามีผลการประเมินเกินค่า 70% ที่ตั้งเป้าไว้ตามผลการประเมินที่สอดคล้องกับคำสำคัญ (keywords) ของผลลัพธ์การเรียนรู้ SO5 และ SO6 ในตารางที่ 1 ในทุกหัวข้อ แต่อย่างไรก็ตามการประเมินผลของวิชา EGEE 341 ซึ่งหมายถึงเกรดหลังจากสิ้นสุดการศึกษาวิชานี้จะต้องนำคะแนนทั้งหมดตามรูปที่ 2 ที่เป็นการสอบเดี่ยว คิดเป็นสัดส่วน 40% มาเป็นส่วนหนึ่งของการตัดเกรดด้วย ซึ่งเมื่อทำวิธีการวัดผลตามขั้นตอนดังกล่าวจำนวนสามปีการศึกษาติดต่อกัน จะได้ผลลัพธ์ของจำนวนเปอร์เซ็นต์ของนักศึกษาในแต่ละรุ่นที่ได้เกรดเกินเกรด C ดังแสดงในรูปที่ 6 จึงเห็นได้ชัดว่าถึงแม้มีการทำงานเป็นกลุ่มซึ่งมีสัดส่วนถึง 60 % ของวิชา แต่เมื่อทำการสอบเดี่ยวเกี่ยวกับวิชานี้ จะสามารถแยกแยะความสามารถของนักศึกษาทั้งสองคนในกลุ่มได้อย่างชัดเจนว่าใครเป็นผู้นำ (leadership) ขณะทำงานต่อวงจรตลอดทั้งเทอมด้วยกัน โดยข้อสอบจะมีการเชื่อมโยงกันกับวิชา EGEE 340 (ทฤษฎี) ซึ่งเป็นการออกแบบวงจรอิเล็กทรอนิกส์ตามที่ทำมาในลักษณะเดียวกันกับวงจรในห้องห้องปฏิบัติการ อาจมีการเปลี่ยนแปลง

คุณสมบัติเฉพาะหรือข้อกำหนด (specification) บ้างเพื่อให้นักศึกษาได้ใช้ความรู้ที่เรียนมาออกแบบวงจรได้เอง ตัวอย่างของข้อสอบจะแสดงดังรูปที่ 7



รูปที่ 6 จำแนกนักศึกษาภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้าสามปีการศึกษา ที่ได้เกรดตั้งแต่ C ขึ้นไปในวิชา EGEE 341

ข้อสอบปฏิบัติดังแสดงในรูปที่ 7 นี้จะเป็นการทดสอบความรู้ความสามารถในการออกแบบวงจร และเมื่อออกแบบได้แล้วจะต้องเดินมาเลือกอุปกรณ์หน้าห้องสอบไปต่อวงจรและทดสอบให้ได้ตามข้อกำหนด โดยอาจารย์ผู้คุมสอบจะมาตรวจวงจรที่หน้าโต๊ะทดลอง พร้อมกับเครื่องมือวัดต่าง ๆ เช่น oscilloscope , function generator , power supply ทำให้นักศึกษาแต่ละคนต้องเข้าใจและมีทักษะการใช้เครื่องมือแต่ละชนิดด้วยตนเอง ข้อสอบในลักษณะนี้จะมีทั้งหมด 5 ข้อ การประเมินผลวิชาปฏิบัติการ จากการที่ต้องสอบปฏิบัติจากเครื่องมือใช้งานจริงเหล่านี้จะได้ผลดีกว่าการสอบในวิชาข้อเขียนโดยปราศจากการลงมือทำจริง ซึ่งจะช่วยฝึกฝนนักศึกษาแต่ละคนให้มีความชำนาญในการใช้เครื่องมือ การรวบรวมข้อมูล วิเคราะห์ผล และสรุปการทำงานต่อการเป็นวิศวกรที่ดีกับภาคอุตสาหกรรมในอนาคต

ข้อสอบชุดที่ 1

ชื่อ.....เฉพาะประจำตัว.....

4. ให้ น.ศ. ออกแบบวงจร Wein Bridge Oscillator ที่ให้ output เป็นสัญญาณ sine wave ที่มีความถี่ประมาณ 3 KHz และมีขนาด amplitude เท่ากับ 7 V_{pp} (ให้วงจรสร้าง output ตกลงเคลื่อนได้ 10% error)
แสดงขั้นตอนการออกแบบ + รูปวงจรที่สมบูรณ์ (2%)

รูปที่ 7 ตัวอย่างข้อสอบที่ใช้สอบเดี่ยวเก็บคะแนน 40% วิชา EGEE 341

4. ผลลัพธ์ของการประเมินวิชาภาคปฏิบัติการและการเชื่อมโยงกับวิชาภาคทฤษฎี

จากขบวนการในการเข้าถึงและประเมินผลวิชาปฏิบัติการตามที่ได้กล่าวในหัวข้อที่ 3 นั้น จะพบว่าผลการประเมินผลลัพธ์การเรียนรู้วิชาปฏิบัติสามารถผ่านเกณฑ์ขั้นต่ำที่จะมีจำนวนนักศึกษามากกว่า 70 % ของผู้ที่ลงทะเบียนวิชาทั้งหมดเข้าใจ และมีทักษะตามที่ต้องการในนิยามของผลลัพธ์การเรียนรู้ SO5 และ SO6 ของมาตรฐานการรับรองแบบ ABET และเนื่องจากวิชาปฏิบัติการ EGEE341 จะมีการเรียนร่วมกับวิชาในภาคทฤษฎีคือ EGEE 340 Electronic Circuit Design ซึ่งวิชา EGEE 340 มีการผลตามผลลัพธ์การเรียนรู้ของนักศึกษา ข้อที่ 2 (Student Outcome : SO2) ที่มีข้อความดังนี้

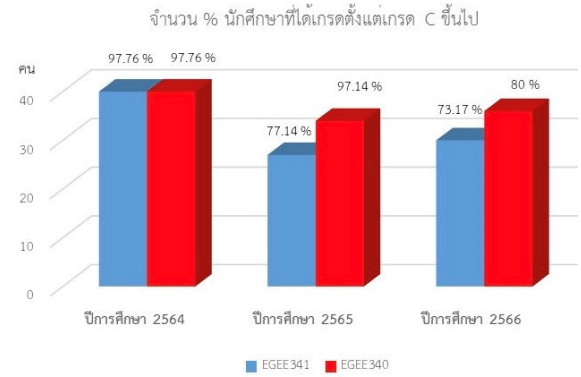
> SO2: an ability to apply engineering design to produce solutions that meet specified needs with consideration of public health, safety, and welfare, as well as global, cultural, social, environmental, and economic factors.

โดยในหัวข้อนี้จะแสดงให้เห็นถึงข้อดีของการใช้แนวความคิดและวิธีการในการวัดประเมินผล SO5 และ SO6 ตามรูปที่ 2 และตาราง rubric ในหัวข้อที่ 3 ที่จะแสดงให้เห็นความเชื่อมโยงระหว่างสองวิชา คือวิชาปฏิบัติการ EGEE341 กับวิชาในภาคทฤษฎีคือ EGEE 340 จะสังเกตว่าข้อความคำสำคัญใน SO2 ที่วิชา EGEE 340 ต้องถูกวัดและประเมินผลและเน้นเป็นพิเศษก็คือ ความสามารถในการใช้ความรู้ทางวิศวกรรมเพื่อ “การออกแบบ (Design)” ในที่นี้ผู้เขียนบทความจะไม่ขอลงรายละเอียดของการวัดผลลัพธ์การเรียนรู้ SO2 ของวิชา EGEE 340 ซึ่งผ่านการประเมินวัดผลเช่นกัน แต่จะแสดงให้เห็นถึงความเชื่อมโยงของสองวิชาดังกล่าวซึ่งจะใช้ส่วนที่เป็นการสอบเดี่ยว 40 % ของวิชา EGEE 341 ที่ต้องนำความรู้การออกแบบวงจรที่เรียนในวิชา EGEE 340 และการฝึกฝนต่อวงจรจริงในวิชาปฏิบัติการ EGEE 341 มาสร้างวงจรจริงในการสอบเดี่ยววัดผล นอกจากนี้จะใช้คะแนนส่วนของวงจรประกอบชิ้นงาน (Electronic Kit Project) ที่เป็น mini project 15 % มาเป็นคะแนนร่วมของทั้งสองวิชาด้วยทำให้นักศึกษาต้องใส่ใจความรู้ในวิชาภาคทฤษฎี ขณะเดียวกันก็ต้องไม่ละเลยการต่อวงจร ทักษะการแก้ไขหรือซ่อมอาการที่วงจรทำงานไม่สมบูรณ์ให้กลับมาทำงานเป็นปกติได้ ซึ่งความรู้การฝึกฝน ทักษะการซ่อมวงจรสามารถมาปรึกษาอาจารย์หรือผู้ช่วยสอนได้ตลอดตามตารางเวลาที่ระบุใน Course Syllabus ที่ให้ทุกวันพุธบ่ายนักศึกษาสามารถมาขอคำปรึกษาในวิชานี้ได้ทุกเรื่อง ผลลัพธ์ของการดำเนินงานการสอนดังกล่าว แสดงให้เห็นถึงการประเมินผลวิชาปลายเทอมโดยคัดเลือกจำนวนผู้ที่สอบผ่านสองวิชานี้ที่มีผลการศึกษาตั้งแต่เกรด C เป็นต้นไปของทั้งสองรายวิชาดังแสดงในรูปที่ 8 ซึ่งได้ทดลองกับนักศึกษาสามรุ่นปีการศึกษา ด้วยวิธีการสอน การปรับ Course Syllabus ของวิชาภาคปฏิบัติการตามที่กล่าวมา แสดงให้เห็นได้ชัดว่าทั้งสองวิชามีความเชื่อมโยงกัน โดยสังเกตจากจำนวนนักศึกษาที่ผ่านการวัดผลเกรดตั้งแต่เกรด C ขึ้นไปของทั้งสองวิชาดังกล่าวมีจำนวนในปริมาณที่เท่าๆ กัน จึงกล่าวได้ว่าแนวการสอนวิชาปฏิบัติการในลักษณะนี้ นอกจากจะทำให้ตัวชี้วัดผลลัพธ์การเรียนรู้ SO5 และ SO6 ผ่านการตรวจวัดโดยเข้าใจไม่ยากตาม rubric ในหัวข้อที่ 3 แล้ว ยังส่งผลดีต่อการเกื้อหนุนให้วิชาที่สอนในภาคทฤษฎี ที่ต้องเรียนร่วมกันกับวิชาปฏิบัติการนี้มีจำนวนนักศึกษาที่เข้าใจ และผ่านตัวชี้วัด SO2 ตามไปด้วย

5. บทสรุป

ในบทความนี้ได้ทำการเสนอแนวความคิดในการเข้าถึงและการประเมินผล ผลลัพธ์การเรียนรู้ของนักศึกษาตามมาตรฐาน ABET ในข้อที่ 5 และ 6 (SO5 และ SO6) ของวิชาปฏิบัติการ โดยสร้างตารางเกณฑ์การให้

คะแนนตามตัวชี้วัดของแต่ละคำสำคัญต่างๆ ที่ระบุใน SO5 และ SO6 ซึ่งทำการทดลองใช้กับนักศึกษาจำนวนสามปีการศึกษาติดต่อกันพบว่าให้ผลผ่านเกณฑ์และบรรลุเป้าหมายที่ตั้งไว้ นอกจากนี้ยังแสดงความเชื่อมโยงของผลการประเมินระหว่างวิชาภาคทฤษฎีและวิชาภาคปฏิบัติการที่เรียนร่วมกัน ให้ผลสอดคล้องตรงตามเป้าหมายการเรียนรู้ทั้งสองวิชาด้วย



รูปที่ 8 ผลการศึกษาตั้งแต่เกรด C เป็นต้นไปของวิชา EGEE341 และ EGEE340

6. กิตติกรรมประกาศ

ผู้เขียนบทความขอขอบคุณคณาจารย์ และเจ้าหน้าที่ฝ่ายสนับสนุนในภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล และเจ้าหน้าฝ่ายการศึกษาจากส่วนกลางทุกท่าน ในการให้ข้อมูลและนำมาซึ่งการนำเสนอบทความในครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

[1] Omar J. Alkhatib “An Effective Assessment Method of Higher-Order Thinking Skills (Problem-Solving, Critical Thinking, Creative Thinking, and Decision-Making) in Engineering and Humanities” 2022 Advances in Science and Engineering Technology International Conferences (ASET). /ASET53988.2022.9734856.

[2] Shi Huilan, Wag Wei, Duan Zhonghua, Quan Xiaolong, Wang Dan, Zhu Shihai, Wei Qing ,Yin Liang “Educational Management in Critical Thinking Training Based on Bloom’s Taxonomy and SOLO Taxonomy” 2020 International Conference on Information Science and Education (ICISE-IE) /ICISE51755.2020.00116.

[3] Nandish Humbi, Preeti Basavaraj Patil, Ramesh Kurbet, Chetan Jadhav, Praveen Goggal “First-Year Undergraduate Engineering Student’s Investigation on the Troubleshooting Process in a Project-Based Learning Course” 2024 IEEE World Engineering Education Conference (EDUNINE) / EDUNINE60625.2024.10500599.

[4] Mustahsan Mir “Embedded Peer-to-Peer Coaching for Developing Practical Skills of Engineering Students” 2012 15th International Conference on Interactive Collaborative Learning (ICL).

[5] https://www.abet.org/

[6] https://www.abet.org/accreditation/accreditation-criteria/criteria-for-accrediting-engineering-programs-2023-2024/

[7] Khurshid Alam, Rao Naveed Bin Rais “Developing Fine-grained Performance Indicators for Assessment of Computer Engineering using Outcome-based Education” 2021 9th International Conference on Information and Education Technology (ICIET). page 285

มนตรี เกตุสะอาด จบการศึกษาจาก มหาวิทยาลัยเอเชียอาคเนย์ สาขาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์(อสบ.) ปี พ.ศ.2540 เริ่มเข้าปฏิบัติงานที่ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า ในปี พ.ศ.2541 ด้วยตำแหน่งนายช่างอิเล็กทรอนิกส์ จนถึงปัจจุบันดำรงตำแหน่ง วิศวกรปฏิบัติการ ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล ปฏิบัติหน้าที่รับผิดชอบงานสนับสนุนด้านการเรียนการสอนงานควบคุมดูแลห้องปฏิบัติการ รับผิดชอบและวางแผนการดำเนินการ ปรับปรุง และซ่อมบำรุง อุปกรณ์ และครุภัณฑ์ ประจำภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า ควบคุมห้องปฏิบัติการอิเล็กทรอนิกส์ ให้คำปรึกษานักศึกษาในการทำโปรเจคพร้อมสร้างชิ้นงาน และแก้ไข ดัดแปลง อุปกรณ์ ในการทำวิจัยของอาจารย์ตามความเหมาะสมของภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า

ผศ. เดชา วิไลรัตน์ จบการศึกษาสาขาวิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์ (วศ.บ.) จาก สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า เจ้าคุณทหาร ลาดกระบัง ปี พ.ศ. 2532 และ M.Sc. Northeastern University. USA พ.ศ. 2536 ปัจจุบันดำรง ตำแหน่งผู้ช่วยศาสตราจารย์ สังกัดภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล เป็นประธานหลักสูตรระดับปริญญาตรีในช่วงระหว่างปี พ.ศ. 2542 – 2565 โดยได้ร่วมกับทีมคณะทำงานและเจ้าหน้าที่ในภาควิชาฯ ทำให้หลักสูตรสาขาวิศวกรรมไฟฟ้าได้รับการรับรองจาก ABET ในปี พ.ศ. 2564 ปัจจุบันทำการสอนในวิชา physics of electronic devices , electonic circuits : analog and digital circuits.