

วงจรพัลส์และดิจิทัล

(Pulse and Digital Circuits)

ไพอจน์ ศรีธัญ
สายนต์ ชื่นอารมย์

120.-

วงจรพัลส์และดิจิทัล (Pulse and Digital Circuits)

กลุ่มอาชีพพลังงาน ไฟฟ้า และอิเล็กทรอนิกส์

ISBN 978-616-495-349-9

พิมพ์ครั้งที่ 1 พ.ศ. 2569

จำนวนที่พิมพ์ 3,000 เล่ม

เรียบเรียงโดย

ไวพจน์ ศรีธัญ

สายัณต์ ชื่นอารมย์

จัดพิมพ์และจัดจำหน่าย โดย...



วังอักษร

บริษัท วังอักษร จำกัด

69/3 ถนนอรุณอมรินทร์ แขวงวัดอรุณ เขตบางกอกใหญ่ กรุงเทพฯ 10600

โทร. 0-2472-3293-4 Mobile 08-8585-1521

e-Mail : wangaksorn9@gmail.com

Facebook : สำนักพิมพ์ วังอักษร

www.wangaksorn.com

Line ID : wangaksorn



บริษัท วังอักษร จำกัด ขอสงวนลิขสิทธิ์

ตามพระราชบัญญัติลิขสิทธิ์ พ.ศ. 2537 และตามพระราชบัญญัติ
ลิขสิทธิ์เพิ่มเติม พ.ศ. 2565 ห้ามมิให้ทำการคัดลอก ดัดแปลง แก้ไขเนื้อหา
หรือเผยแพร่ต่อสาธารณชนไม่ว่ารูปแบบใด ชื่อและเครื่องหมายการค้าอื่น ๆ
ที่อ้างอิงในหนังสือฉบับนี้เป็นสิทธิโดยชอบด้วยกฎหมาย
ของเจ้าของแต่ละราย บริษัทฯ มิได้อ้างความเป็นเจ้าของแต่อย่างใด



ตารางกำหนดการจัดการเรียนรู้

วิชา วงจรพัลส์และดิจิทัล

(Pulse and Digital Circuits)

ครั้งที่	รายการ		จำนวนชั่วโมง		
	บทเรียนที่	ปฏิบัติ	ท	ป	รวม
1	บทเรียนที่ 1 รูปร่างสัญญาณไฟฟ้าและค่าพารามิเตอร์	ใบงานที่ 1.1 การทดสอบสัญญาณรูปคลื่นไซน์ ใบงานที่ 1.2 การทดสอบสัญญาณรูปคลื่นพัลส์	1	3	4
2	บทเรียนที่ 2 วงจรแปลงรูปสัญญาณไฟฟ้า	ใบงานที่ 2.1 การทดสอบวงจรดีฟเฟอร์เรนซ์อินเวอร์เตอร์และวงจรอินทิเกรเตอร์	1	3	4
3	บทเรียนที่ 3 วงจรลดรูปสัญญาณไฟฟ้า	ใบงานที่ 3.1 การทดสอบวงจรลดทอนสัญญาณที่มีการชดเชยทางความถี่ ใบงานที่ 3.2 การทดสอบวงจรคลิปปเปอร์และวงจรแคลมป์เปอร์	1	3	4
4	บทเรียนที่ 4 ระบบตัวเลข การคำนวณและแปลงเลขฐาน	ใบกิจกรรมที่ 4.1 การคำนวณและแปลงเลขฐาน	1	3	4
5	บทเรียนที่ 5 รหัสไบนารีและรหัสต่าง ๆ	ใบกิจกรรมที่ 5.1 การแปลงรหัสต่าง ๆ ในวงจรดิจิทัล	1	3	4
6	บทเรียนที่ 6 คณิตศาสตร์ทางลอจิกและไอซีดิจิทัล	ใบงานที่ 6.1 การทดสอบแอนด์เกตและน็อตเกต ใบงานที่ 6.2 การทดสอบแนนด์เกต นอร์เกต เอกซ์คลูซีฟออร์เกตและเอกซ์คลูซีฟนอร์เกต	1	3	4
7	บทเรียนที่ 7 ลอจิกไดอะแกรมและการลดรูปลอจิกเกต	ใบงานที่ 7.1 การทดสอบวงจรลอจิกเกตโดยใช้พีชคณิตบูลีน	1	3	4
8	บทเรียนที่ 8 แผนผังคาร์นอ	ใบงานที่ 8.1 การทดสอบการลดรูปสมการลอจิกโดยใช้แผนผังคาร์นอ	1	3	4
9 - 11	บทเรียนที่ 9 วงจรคอมบินชันเบื้องต้น	ใบงานที่ 9.1 การขยายจำนวนอินพุตของลอจิกเกต ใบงานที่ 9.2 การทดสอบวงจรบวกเลขฐานสองแบบมีตัวทด ใบงานที่ 9.3 การทดสอบวงจรลบเลขฐานสองแบบมีตัวยืม ใบงานที่ 9.4 การทดสอบวงจรเข้ารหัส ใบงานที่ 9.5 การทดสอบวงจรถอดรหัส	3	9	12
12	บทเรียนที่ 10 ฟลิปฟลอปและวงจรรนับ	ใบงานที่ 10.1 การทดสอบวงจรฟลิปฟลอปและวงจรรนับเลขไบนารี	1	3	4
13 - 14	บทเรียนที่ 11 ทรานซิสเตอร์สวิตช์และการกำเนิดสัญญาณ	ใบงานที่ 11.1 การทดสอบวงจรสวิตช์ และวงจรกลับสัญญาณโดยใช้ทรานซิสเตอร์ ใบงานที่ 11.2 การทดสอบวงจรกลับสัญญาณโดยใช้ไอซีออปแอมป์	2	6	8
15	บทเรียนที่ 12 วงจรขมิตต์ทริกเกอร์	ใบงานที่ 12.1 การทดสอบวงจรขมิตต์ทริกเกอร์ที่ใช้ทรานซิสเตอร์จำนวนสองตัว ใบงานที่ 12.2 การทดสอบวงจรขมิตต์ทริกเกอร์ที่ใช้ไอซีออปแอมป์	1	3	4
16 - 17	บทเรียนที่ 13 วงจรมัลติไวเบรเตอร์	ใบงานที่ 13.1 การทดสอบวงจรมัลติไวเบรเตอร์ที่ใช้ทรานซิสเตอร์ ใบงานที่ 13.2 การทดสอบวงจรอะสเตเบิลมัลติไวเบรเตอร์ที่ใช้ไอซี 555 ใบงานที่ 13.3 การทดสอบวงจรโมโนสเตเบิลมัลติไวเบรเตอร์ที่ใช้ไอซี 555 ใบงานที่ 13.4 การทดสอบวงจรไฟฟ้ากระพริบที่ใช้ไอซี 555	2	6	8
18	ประเมินผลสัมฤทธิ์การเรียนรู้ระดับรายวิชา		1	3	4
รวม			18	54	72



คำนำ



บริษัท วังอักษร จำกัด ได้จัดทำหนังสือวิชา **วงจรพัลส์และดิจิทัล (Pulse and Digital Circuits)** เพื่อใช้บูรณาการและประกอบการเรียนการสอน ตามหลักสูตรอาชีวศึกษา (สอศ.) หลักสูตรส่งเสริมการเรียนรู้ (สกร.) และหลักสูตรอุดมศึกษา ผู้สนใจในการพัฒนาการเรียนรู้และทักษะ

หนังสือเล่มนี้ประกอบด้วยเนื้อหาสาระ ใบกิจกรรม ใบงาน แบบฝึกหัด แบบทดสอบคู่ขนาน มีจุดประสงค์ในการยกระดับผู้เรียนให้เรียนทฤษฎีและปฏิบัติ เพื่อเสริมสร้างทักษะ ประสิทธิภาพ และการประยุกต์ใช้ได้จริง โดยเน้นกระบวนการเรียนรู้ที่มีคุณธรรม จริยธรรม จรรยาบรรณวิชาชีพ และกีนิสัยในการทำงาน เพื่อสร้างสมรรถนะตามความต้องการของสถานประกอบการ เนื้อหาในหนังสือเล่มนี้แบ่งออกเป็น 13 บทเรียน คือ **บทเรียนที่ 1 รูปร่างสัญญาณไฟฟ้าและค่าพารามิเตอร์** **บทเรียนที่ 2 วงจรแปลงรูปสัญญาณไฟฟ้า** **บทเรียนที่ 3 วงจรลดรูปสัญญาณไฟฟ้า** **บทเรียนที่ 4 ระบบตัวเลขการคำนวณ และแปลงเลขฐาน** **บทเรียนที่ 5 รหัสไบนารีและรหัสต่าง ๆ** **บทเรียนที่ 6 คณิตศาสตร์ทางลอจิกและไอซีดิจิทัล** **บทเรียนที่ 7 ลอจิกไดอะแกรมและการลดรูปลอจิกเกต** **บทเรียนที่ 8 แผนผังคาร์นอ** **บทเรียนที่ 9 วงจรคอมบินเนชันเบื้องต้น** **บทเรียนที่ 10 ฟลิปฟล็อปและวงจรรนับ** **บทเรียนที่ 11 ทรานซิสเตอร์สวิตช์และการกำเนิดสัญญาณ** **บทเรียนที่ 12 วงจรมิตต์ทริกเกอร์** และ**บทเรียนที่ 13 วงจรมัลติไวเบรเตอร์**

หนังสือเล่มนี้มีเนื้อหาที่ทันสมัยตามแผนการพัฒนาศึกษาด้านอาชีพพลังงาน ไฟฟ้า และอิเล็กทรอนิกส์ สอดคล้องกับยุทธศาสตร์ชาติและแผนการศึกษาแห่งชาติ เพื่อให้ผู้เรียนมีผลลัพธ์การเรียนรู้และสมรรถนะตามหลักสูตร

ไวพจน์ ศรีธัญ
ลายฉันท์ ชื่นอารมย์



สารบัญ



บทเรียนที่

1

รูปร่างสัญญาณไฟฟ้าและค่าพารามิเตอร์

1

1.1 รูปร่างสัญญาณไฟฟ้า	2
1.2 คุณลักษณะของรูปคลื่นสัญญาณพัลส์และพารามิเตอร์ที่สำคัญ	7
1.3 ค่าแรงดันไฟฟ้าเฉลี่ยของรูปคลื่นสัญญาณพัลส์	10
ใบงานที่ 1.1 การทดสอบสัญญาณรูปคลื่นไซน์	12
ใบงานที่ 1.2 การทดสอบสัญญาณรูปคลื่นพัลส์	14
แบบฝึกหัดบทเรียนที่ 1	16

บทเรียนที่

2

วงจรแปลงรูปสัญญาณไฟฟ้า

18

2.1 วงจรแปลงรูปสัญญาณไฟฟ้า	19
2.2 วงจรดิฟเฟอเรนเชียลเรกเตอร์	19
2.3 วงจรอินทิเกรเตอร์	21
2.4 ค่าเวลาคงที่	22
ใบงานที่ 2.1 การทดสอบวงจรดิฟเฟอเรนเชียลเรกเตอร์และวงจรอินทิเกรเตอร์	28
แบบฝึกหัดบทเรียนที่ 2	33

บทเรียนที่

3

วงจรลดรูปสัญญาณไฟฟ้า

35

3.1 วงจรลดรูปสัญญาณไฟฟ้า	36
3.2 วงจรคลิปปเปอร์	39
3.3 วงจรแคลมเปอร์	41
ใบงานที่ 3.1 การทดสอบวงจรลดทอนสัญญาณที่มีการชดเชยทางความถี่	44
ใบงานที่ 3.2 การทดสอบวงจรคลิปปเปอร์และวงจรแคลมเปอร์	47
แบบฝึกหัดบทเรียนที่ 3	54



บทเรียนที่ 4 ระบบตัวเลข การคำนวณ และแปลงเลขฐาน 57

4.1 ระบบตัวเลข.....	58
4.2 การคำนวณและแปลงเลขฐานต่าง ๆ.....	61
ใบกิจกรรมที่ 4.1 การคำนวณและแปลงเลขฐาน.....	71
แบบฝึกหัดบทเรียนที่ 4	73

บทเรียนที่ 5 รหัสไบนารีและรหัสต่าง ๆ 75

5.1 รหัส BCD8421	76
5.2 รหัสเลขฐานแปดและรหัสเลขฐานสิบหก	77
5.3 รหัสเกิน 3	77
5.4 รหัสเกรย์	79
5.5 พาริตีบิต	81
5.6 รหัสแอสกี	81
ใบกิจกรรมที่ 5.1 การแปลงรหัสต่าง ๆ ในวงจรดิจิทัล	85
แบบฝึกหัดบทเรียนที่ 5	87

บทเรียนที่ 6 คณิตศาสตร์ทางลอจิกและไอซีดิจิทัล 89

6.1 คณิตศาสตร์ทางลอจิก	90
6.2 แอนด์เกต	91
6.3 ออร์เกต	92
6.4 นีตเกต	93
6.5 แนนด์เกต	93
6.6 นอร์เกต	95
6.7 เอกซ์คลูซีฟออร์เกต	96
6.8 เอกซ์คลูซีฟนอร์เกต	97
6.9 ไอซีดิจิทัลเบื้องต้น	98
ใบงานที่ 6.1 การทดสอบแอนด์เกตและนีตเกต	116
ใบงานที่ 6.2 การทดสอบแนนด์เกต นอร์เกต เอกซ์คลูซีฟออร์เกต และเอกซ์คลูซีฟนอร์เกต	120
แบบฝึกหัดบทเรียนที่ 6	124

**บทเรียนที่****7****ลอจิกไคอะแกรม และการลดรูปลอจิกเกต****126**

7.1 ลอจิกไคอะแกรม	127
7.2 การลดรูปลอจิกเกตโดยใช้พีชคณิตบูลีน	131
7.3 การลดรูปสมการวงจรลอจิกเกต	135
ใบงานที่ 7.1 การทดสอบวงจรลอจิกเกตโดยใช้พีชคณิตบูลีน	140
แบบฝึกหัดบทเรียนที่ 7	145

บทเรียนที่**8****แผนผังคาร์โน****147**

8.1 แผนผังคาร์โนแบบ 2 ตัวแปร	148
8.2 แผนผังคาร์โนแบบ 3 ตัวแปร	149
8.3 แผนผังคาร์โนแบบ 4 ตัวแปร	149
8.4 การเขียนฟังก์ชันลงในแผนผังคาร์โน	150
8.5 การใช้แผนผังคาร์โนลดรูปสมการ	152
8.6 เทอมที่ไม่สนใจ	157
ใบงานที่ 8.1 การทดสอบการลดรูปสมการลอจิกโดยใช้แผนผังคาร์โน	161
แบบฝึกหัดบทเรียนที่ 8	166

บทเรียนที่**9****วงจรคอมบินเนชันเบื้องต้น****170**

9.1 ความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับวงจรคอมบินเนชันเบื้องต้น	171
9.2 การขยายจำนวนอินพุตของลอจิกเกต	173
9.3 การออกแบบวงจรลอจิกที่ใช้แชนด์เกตหรือออร์เกตเพียงอย่างเดียว	174
9.4 การประยุกต์ใช้งานวงจรคอมบินเนชัน	177
9.5 วงจรบวกเลขฐานสอง	177
9.6 วงจรลบเลขฐานสอง	180
9.7 วงจรแปลงรหัสเลขฐานสองเป็นรหัสเกรย์	183
9.8 วงจรเข้ารหัสและวงจรถอดรหัส	186
ใบงานที่ 9.1 การขยายจำนวนอินพุตของลอจิกเกต	192
ใบงานที่ 9.2 การทดสอบวงจรบวกเลขฐานสองแบบมีตัวทด	198
ใบงานที่ 9.3 การทดสอบวงจรลบเลขฐานสองแบบมีตัวยืม	201
ใบงานที่ 9.4 การทดสอบวงจรเข้ารหัส	204
ใบงานที่ 9.5 การทดสอบวงจรถอดรหัส	207
แบบฝึกหัดบทเรียนที่ 9	210



บทเรียนที่

10

ฟลิปฟlopและวงจรรนับ

213

10.1 สัญญาณนาฬิกา	214
10.2 อาร์เอสฟลิปฟlop	214
10.3 ทีฟลิปฟlop	217
10.4 ดีฟลิปฟlop	218
10.5 เจเคฟลิปฟlop	220
10.6 วงจรรนับ	221
ใบงานที่ 10.1 การทดสอบวงจรฟลิปฟlopและวงจรรนับเลขไบนารี	226
แบบฝึกหัดบทเรียนที่ 10	231

บทเรียนที่

11

ทรานซิสเตอร์สวิตซ์และการกำเนิดสัญญาณ

234

11.1 ทรานซิสเตอร์สวิตซ์	235
11.2 วงจรกลับสัญญาณ	239
11.3 ความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับไอซีออปแอมป์	239
11.4 วงจรกลับสัญญาณที่ใช้ไอซีออปแอมป์	244
11.5 การกำเนิดสัญญาณ	245
ใบงานที่ 11.1 การทดสอบวงจรสวิตซ์ และวงจรกลับสัญญาณโดยใช้ทรานซิสเตอร์	250
ใบงานที่ 11.2 การทดสอบวงจรกลับสัญญาณโดยใช้ไอซีออปแอมป์	254
แบบฝึกหัดบทเรียนที่ 11	257

บทเรียนที่

12

วงจรมิตต์ทริกเกอร์

259

12.1 หลักการทำงานของวงจรมิตต์ทริกเกอร์	260
12.2 การกำหนดจุดทริกวงจรมิตต์ทริกเกอร์	262
12.3 วงรอบฮิสเตอร์ีซิส	265
12.4 วงจรทริกเกอร์ที่ใช้ไอซีออปแอมป์	266
ใบงานที่ 12.1 การทดสอบวงจรมิตต์ทริกเกอร์ที่ใช้ทรานซิสเตอร์จำนวนสองตัว	268
ใบงานที่ 12.2 การทดสอบวงจรมิตต์ทริกเกอร์ที่ใช้ไอซีออปแอมป์	275
แบบฝึกหัดบทเรียนที่ 12	278



บทเรียนที่

13

วงจรมัลติไวเบรเตอร์

281

13.1	วงจรมัลติไวเบรเตอร์	282
13.2	วงจรไบสเทเบิลมัลติไวเบรเตอร์	282
13.3	การออกแบบวงจรไบสเทเบิลมัลติไวเบรเตอร์	283
13.4	วงจรโมนอสเตเบิลมัลติไวเบรเตอร์	286
13.5	การออกแบบวงจรโมนอสเตเบิลมัลติไวเบรเตอร์	288
13.6	วงจรอะสเตเบิลมัลติไวเบรเตอร์	291
13.7	การออกแบบวงจรอะสเตเบิลมัลติไวเบรเตอร์	292
13.8	วงจรทริกเกอร์	294
13.9	ไอซีไทเมอร์เบอร์ 555	295
13.10	วงจรอะสเตเบิลมัลติไวเบรเตอร์ที่ใช้ไอซีออปแอมป์	302
13.11	วงจรโมนอสเตเบิลมัลติไวเบรเตอร์ที่ใช้ไอซีออปแอมป์	303
ใบงานที่ 13.1	การทดสอบวงจรมัลติไวเบรเตอร์โดยใช้ทรานซิสเตอร์	305
ใบงานที่ 13.2	การทดสอบวงจรอะสเตเบิลมัลติไวเบรเตอร์ที่ใช้ไอซี 555	311
ใบงานที่ 13.3	การทดสอบวงจรโมนอสเตเบิลมัลติไวเบรเตอร์โดยใช้ไอซี 555	313
ใบงานที่ 13.4	การทดสอบวงจรไฟฟ้ากระแสพรีโดยใช้ไอซี 555	315
แบบฝึกหัดบทเรียนที่ 13		318

คำศัพท์ประจำบทเรียน

320

บรรณานุกรม

323

รูปร่างสัญญาณไฟฟ้า และค่าพารามิเตอร์



หัวข้อหลัก

- 1.1 รูปร่างสัญญาณไฟฟ้า
- 1.2 คุณสมบัติของรูปคลื่นสัญญาณพัลส์และพารามิเตอร์ที่สำคัญ
- 1.3 ค่าแรงดันไฟฟ้าเฉลี่ยของรูปคลื่นสัญญาณพัลส์



ผลลัพธ์การเรียนรู้ระดับบทเรียน

อธิบายรูปร่างสัญญาณไฟฟ้า ค่าพารามิเตอร์สำคัญ และวิเคราะห์สัญญาณจากเครื่องมือวัดทางไฟฟ้า



แนวคิดหลัก

ในวงจรพัลส์และสวิตชิ่งย่อมมีสัญญาณไฟฟ้าต่าง ๆ เกิดขึ้นมากมาย เช่น สัญญาณพัลส์ สัญญาณสี่เหลี่ยม สัญญาณสามเหลี่ยม สัญญาณเอกซ์โพเนนเชียล เป็นต้น รูปร่างสัญญาณไฟฟ้าต่าง ๆ ดังกล่าวจะแสดงถึงคุณลักษณะที่เกิดจากความสัมพันธ์ระหว่างเวลากับแอมพลิจูด ซึ่งแอมพลิจูดหรือขนาดของสัญญาณไฟฟ้านี้อาจปรากฏในรูปของแรงดันไฟฟ้า กระแสไฟฟ้า โดยสามารถที่จะเขียนลงในกราฟแสดงความสัมพันธ์ดังกล่าว



สมรรถนะการเรียนรู้

1. แสดงความรู้เกี่ยวกับรูปร่างสัญญาณไฟฟ้าและค่าพารามิเตอร์ที่สำคัญ
2. ประกอบและทดสอบสัญญาณรูปคลื่นไซน์
3. ประกอบและทดสอบสัญญาณรูปคลื่นพัลส์



จุดประสงค์การเรียนรู้

1. อธิบายรูปร่างของสัญญาณไฟฟ้าประเภทต่าง ๆ ได้
2. ระบุและคำนวณ ค่าพารามิเตอร์สำคัญ ทั้งคาบเวลา ความถี่ แอมพลิจูด ค่าแรงดันไฟฟ้าเฉลี่ย และค่า V_{rms} ได้
3. ใช้อุปกรณ์วัดทางไฟฟ้า เพื่อตรวจสอบรูปร่างสัญญาณไฟฟ้าได้ถูกต้อง
4. วิเคราะห์และเปรียบเทียบความแตกต่างของรูปคลื่นสัญญาณ และนำไปใช้ในงานอิเล็กทรอนิกส์ได้อย่างเหมาะสม



เนื้อหาสาระ

สัญญาณไฟฟ้ามีรูปแบบหลากหลายประกอบด้วยรูปคลื่นหลายชนิดถูกนำมารวมกัน (ประกอบด้วย ฟังก์ชันต่าง ๆ หลายฟังก์ชันนำมารวมกัน) เช่น รูปคลื่นหรือฟังก์ชันขั้นบันไดเกิดจากการเปลี่ยนระดับของ แรงดันไฟฟ้ากระแสตรงทันทีทันใดในช่วงเวลาใดเวลาหนึ่ง รูปคลื่นสามเหลี่ยมหรือฟังก์ชันสามเหลี่ยม เกิดจากการรวมกันของรูปคลื่นลาดเอียงขึ้นและรูปคลื่นลาดเอียงลง เป็นต้น ยกเว้นรูปคลื่นไซน์จะเป็นคลื่น ที่เกิดจากแหล่งกำเนิดสัญญาณต่าง ๆ ทางธรรมชาติ เช่น เสียง เป็นต้น

ค่าพารามิเตอร์ที่สำคัญของสัญญาณพัลส์ ได้แก่ ขอบหน้า ขอบหลัง ความกว้างของพัลส์ ช่องว่าง ระหว่างพัลส์ คาบเวลาของพัลส์ ความแรงของพัลส์และดิวตีไซเคิล

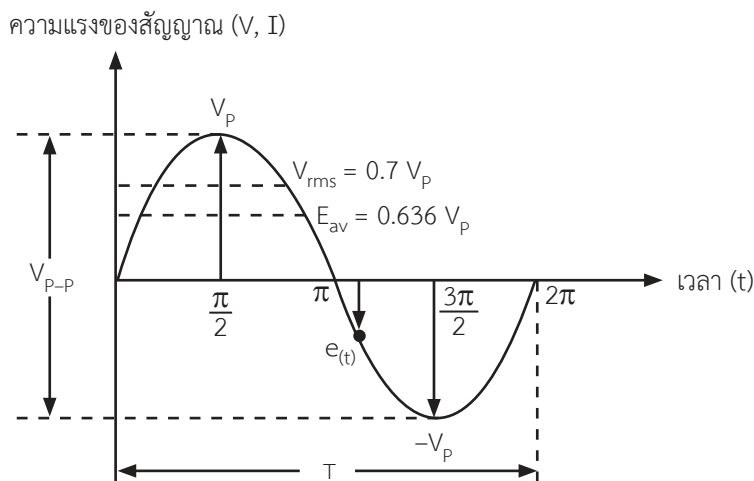
1.1

รูปร่างสัญญาณไฟฟ้า



รูปคลื่นสัญญาณทางไฟฟ้า (Electric Signal Shape) และอิเล็กทรอนิกส์มีหลายลักษณะ ทั้งรูปคลื่น แบบสมมาตร (Symmetrical Wave) และแบบไม่สมมาตร (Unsymmetrical Wave) ดังนี้

1. รูปคลื่นไซน์ (Sine Wave) เป็นรูปคลื่นแบบสมมาตรที่คุ้นเคยมากที่สุด (รูปที่ 1.1) ขนาด ความแรงของสัญญาณ หรือที่เรียกว่า **แอมพลิจูด (Amplitude)** จะเปลี่ยนแปลงขึ้นลง (บวก - ลบ) สลับกัน โดยมีจุดเริ่มต้น (Origin) ที่ศูนย์ มีคุณลักษณะที่สำคัญ ดังนี้



รูปที่ 1.1 รูปคลื่นไซน์

คาบเวลา (Period ; T) หมายถึง ช่วงเวลาที่เกิดรูปคลื่นครบ 1 รอบ หรือ 1 ไซเคิล (Cycle) ทั้งซีกบวกและซีกลบ มีหน่วยเป็นวินาที (Second ; s)

ความถี่ (Frequency ; f) หมายถึง จำนวนลูกคลื่นที่เกิดขึ้นซ้ำกันในเวลา 1 วินาที หรือเท่ากับจำนวนไซเคิลที่เกิดขึ้นในเวลา 1 วินาที มีหน่วยเป็นเฮิรตซ์ (Hertz ; Hz) มีความสัมพันธ์ คือ

$$\text{คาบเวลา } T = \frac{1}{f} \quad \dots\dots\dots (1.1)$$

$$\text{ความถี่ } f = \frac{1}{T} \quad \dots\dots\dots (1.2)$$

ความแรง (Amplitude) หมายถึง ขนาดหรือค่ายอดคลื่น (Peak Value ; V_p) ใน 1 ไซเคิล ประกอบด้วยค่าสูงสุดทางบวกและค่าสูงสุดทางลบ สำหรับค่าจากยอดถึงยอด (Peak to Peak Value ; V_{p-p}) จะมีค่าเป็นสองเท่าของค่ายอดคลื่น V_p

$$V_{p-p} = 2 V_p \quad \dots\dots\dots (1.3)$$

ค่าชั่วขณะ (Instantaneous Value) หมายถึง ขนาดของแรงดันไฟฟ้า หรือกระแสไฟฟ้า เมื่อพิจารณาที่เวลาใด ๆ จะเขียนแทนด้วยอักษรตัวพิมพ์เล็กเทียบกับเวลา (time ; t) เช่น $e_{(t)}$ หรือ $i_{(t)}$

ค่าเฉลี่ย (Average Value ; av) หมายถึง ค่าที่ได้จากผลรวมค่าชั่วขณะแต่ละค่าหารด้วยจำนวนครั้งทั้งหมด ค่าเฉลี่ยของแรงดันไฟฟ้าเขียนแทนด้วยสัญลักษณ์ E_{av} และค่าเฉลี่ยกระแสไฟฟ้าเขียนแทนด้วย I_{av} ค่าเฉลี่ยของรูปคลื่นไซน์จะมีค่าเท่ากันทั้งไซเคิลบวกและไซเคิลลบ ดังนั้น ค่าเฉลี่ยของรูปคลื่นไซน์ใน 1 ไซเคิล จะมีค่าเท่ากับศูนย์ ในทางปฏิบัติจึงไม่มีการคำนวณค่าเฉลี่ย แต่ถ้าหากพิจารณาในครึ่งไซเคิลบวกของรูปคลื่นแรงดันไฟฟ้า จะได้

$$E_{av} = 0.636 V_p \quad \dots\dots\dots (1.4)$$

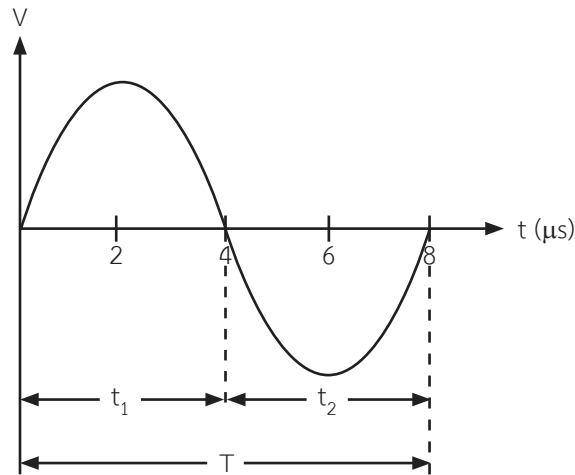
$$I_{av} = 0.636 I_p \quad \dots\dots\dots (1.5)$$

ค่าอาร์เอ็มเอส (Root Mean Square ; rms) หมายถึง ค่าที่ได้จากการถอดรากที่สองของกำลังสองเฉลี่ยของแรงดันไฟฟ้า หรือกระแสไฟฟ้าซึ่งเป็นค่าปรากฏใช้งานจริง

$$E_{rms} = \frac{V_p}{\sqrt{2}} = 0.707 V_p \quad \dots\dots\dots (1.6)$$

$$I_{rms} = \frac{I_p}{\sqrt{2}} = 0.707 I_p \quad \dots\dots\dots (1.7)$$

ตัวอย่างที่ 1.1 จากรูปที่ 1.2 จงหาค่าคาบเวลาและความถี่เป็นเท่าไร



รูปที่ 1.2 ภาพประกอบตัวอย่างที่ 1.1

วิธีทำ 1. คาบเวลา $t_1 = t_2 = 4 \mu s$
 $T = t_1 + t_2 = 4 \mu s + 4 \mu s$

คาบเวลา $T = 8 \mu s$

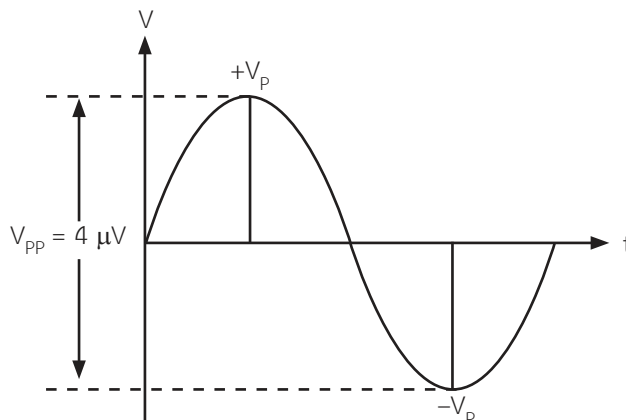
2. ความถี่ $f = \frac{1}{T} = \frac{1}{8 \times 10^{-6}}$

ความถี่ $f = 125 \text{ kHz}$

ดังนั้น คาบเวลาและความถี่ มีค่าเท่ากับ $8 \mu s$ และ 125 kHz ตามลำดับ

ตอบ

ตัวอย่างที่ 1.2 จากรูปที่ 1.3 จงหาค่าแรงดันไฟฟ้ายอดคลื่น (V_p) แรงดันไฟฟ้าจากยอดถึงยอด (V_{p-p}) แรงดันไฟฟ้าเฉลี่ย (E_{av}) และแรงดันไฟฟ้าที่ใช้งานจริง (V_{rms}) เป็นเท่าไร



รูปที่ 1.3 ภาพประกอบตัวอย่างที่ 1.2

วิธีทำ โจทย์กำหนดแรงดันไฟฟ้าจากยอดถึงยอด $V_{p-p} = 4 \mu V$

1. แรงดันไฟฟ้ายอดคลื่น
$$V_p = \frac{V_{p-p}}{2} = \frac{4 \mu V}{2} = 2 \mu V$$
2. แรงดันไฟฟ้าจากยอดถึงยอด $V_{p-p} = 4 \mu V$; (โจทย์กำหนด)
3. แรงดันไฟฟ้าเฉลี่ย
$$E_{av} = 0.636$$
$$V_p = 0.636 \times 4 \times 10^{-6} = 2.54 \mu V$$
4. แรงดันไฟฟ้าที่ใช้งานจริง
$$V_{rms} = 0.707$$
$$V_p = 0.707 \times 2 \times 10^{-6} = 1.41 \mu V$$

ดังนั้น แรงดันไฟฟ้าที่ใช้งานจริง เท่ากับ $1.41 \mu V$

ตอบ

ตัวอย่างที่ 1.3 สัญญาณรูปคลื่นไซน์มีกระแสไฟฟ้าเฉลี่ยเท่ากับ 10.65 mA จงหาค่า I_p I_{p-p} และ I_{rms} เป็นเท่าไร

- วิธีทำ** โจทย์กำหนดกระแสไฟฟ้าเฉลี่ย $I_{av} = 10.65 \text{ mA}$
1. กระแสไฟฟ้ายอดคลื่น
$$I_p = \frac{I_{av}}{0.636} = \frac{10.65 \times 10^{-6}}{0.636} = 16.75 \text{ mA}$$
 2. กระแสไฟฟ้าจากยอดถึงยอด
$$I_{p-p} = 2 \times I_p = 2 \times 16.75 \times 10^{-3} = 33.50 \text{ mA}$$
 3. กระแสไฟฟ้าที่ใช้งานจริง
$$I_{rms} = 0.707$$
$$I_p = 0.707 \times 16.75 \times 10^{-3} = 11.84 \text{ mA}$$

ดังนั้น แรงดันไฟฟ้าที่ใช้งานจริง เท่ากับ 11.84 mA

ตอบ

2. รูปคลื่นขั้นบันได (Step Wave Form)

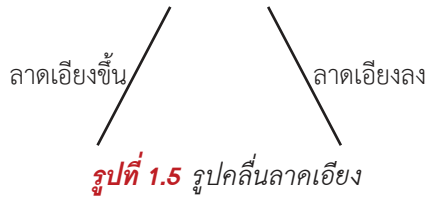
แสดงดังรูปที่ 1.4 มีลักษณะเป็นขั้นคล้ายกับขั้นบันได เกิดขึ้นจากการเปลี่ยนระดับของแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงทันทีทันใดในช่วงเวลาใดเวลาหนึ่ง



รูปที่ 1.4 รูปคลื่นขั้นบันได

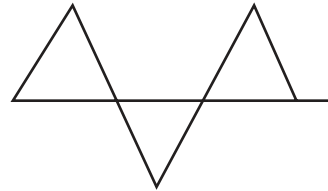
3. รูปคลื่นลาดเอียง (Ramp Wave Form)

แสดงดังรูปที่ 1.5 มีลักษณะเป็นเส้นตรงที่มีความลาดเอียงขึ้นทางด้านบวก หรือลาดเอียงลงทางด้านลบในช่วงเวลาใดเวลาหนึ่ง



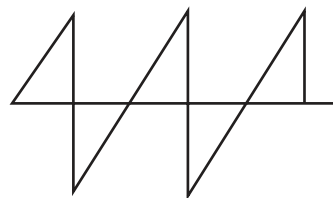
4. รูปคลื่นสามเหลี่ยม (Triangular Wave Form)

แสดงดังรูปที่ 1.6 เกิดจากการรวมกันของรูปคลื่นลาดเอียงทั้งลาดเอียงขึ้น และลาดเอียงลง



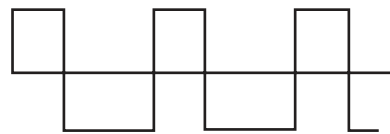
5. รูปคลื่นฟันเลื่อย (Sawtooth Wave Form)

แสดงดังรูปที่ 1.7 เกิดจากการรวมกันของรูปคลื่นลาดเอียงจำนวนสองรูปคลื่น หรือระหว่างรูปคลื่นขึ้นบันไดกับรูปคลื่นลาดเอียง มีลักษณะคล้ายกับฟันเลื่อย



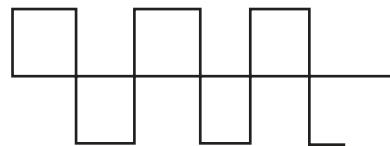
6. รูปคลื่นสี่เหลี่ยมมุมฉาก (Rectangular Wave Form)

แสดงดังรูปที่ 1.8 เป็นรูปคลื่นที่มีการเปลี่ยนแปลงคาบเวลาของสัญญาณด้านบวกและลบ มีค่าไม่เท่ากัน เกิดจากการรวมรูปคลื่นขึ้นบันไดเข้าด้วยกันจำนวนสองรูปคลื่น เรียกว่า **รูปคลื่นพัลส์ (Pulse Wave Form)** จึงกล่าวได้ว่ารูปคลื่นสี่เหลี่ยมมุมฉาก หมายถึง สัญญาณพัลส์ที่เกิดขึ้นสม่ำเสมอมาประกอบเรียงกัน



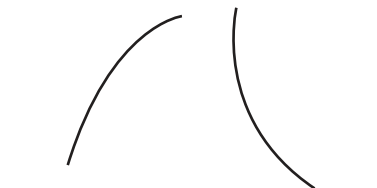
7. รูปคลื่นสี่เหลี่ยมจัตุรัส (Square Wave Form)

แสดงดังรูปที่ 1.9 คล้ายกับรูปคลื่นสี่เหลี่ยมมุมฉาก ซึ่งช่วงเวลาที่เกิดพัลส์และไม่เกิดพัลส์ มีค่าเท่ากัน เรียกว่า **เป็นรูปคลื่นที่มีการเปลี่ยนแปลงคาบเวลาด้านบวกและด้านลบมีค่าเท่ากัน**



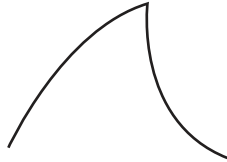
8. รูปคลื่นเอกซ์โพเนนเชียล (Exponential Wave Form)

แสดงดังรูปที่ 1.10 ซึ่งรูปคลื่นนี้เกิดจากการนำตัวต้านทาน (R) มาต่อร่วมกับตัวเก็บประจุไฟฟ้า (C) แล้วถูกกำหนดด้วยค่าเวลาคงที่ (Time Constant) สัญญาณจึงมีลักษณะโค้งขึ้น (ตัวเก็บประจุไฟฟ้าทำหน้าที่เก็บประจุไฟฟ้า) และโค้งลง (ตัวเก็บประจุไฟฟ้าทำหน้าที่คายประจุไฟฟ้า) ตามลักษณะของกราฟเอกซ์โพเนนเชียล



9. รูปลคลื่นอินทิเกรตเตอร์ (Integrator Wave Form) แสดงดังรูปที่ 1.11 เกิดจากการรวมกันของรูปลคลื่นเอกซ์โพเนนเชียล

10. รูปลคลื่นดิฟเฟอเรนเชียล (Differentiator Wave Form) แสดงดังรูปที่ 1.12 เกิดจากการรวมกันของรูปลคลื่นเอกซ์โพเนนเชียลกับรูปลคลื่นขั้นบันได



รูปที่ 1.11 รูปลคลื่นอินคออเกรเตอร์



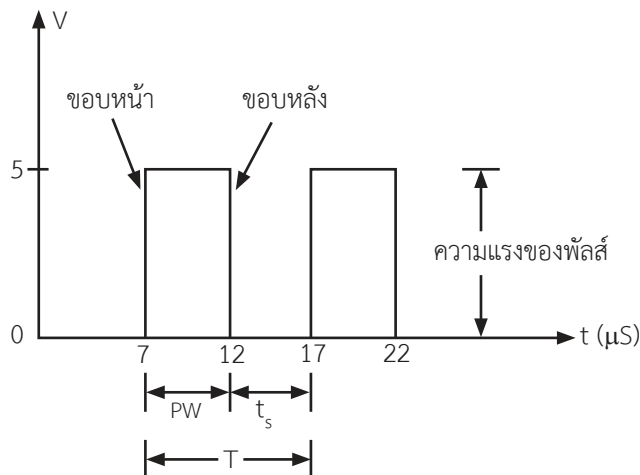
รูปที่ 1.12 รูปลคลื่นดิฟเฟอเรนเชียล

1.2

คุณลักษณะของรูปลคลื่นสัญญาณพัลส์และพารามิเตอร์ที่สำคัญ



รูปลคลื่นพัลส์ในทางอุดมคติ (Ideal Pulse Wave Form) มีลักษณะ ดังรูปที่ 1.13 โดยจะเกิดการเปลี่ยนแปลงระดับอย่างรวดเร็ว จากระดับหนึ่งไปยังอีกระดับหนึ่ง โดยไม่คิดระยะเวลาที่สัญญาณเริ่มเปลี่ยนแปลง (ไม่คิดช่วงเวลาสูญเสีย) เช่น จาก 0 V กลายเป็น 5 V หรือจาก 5 V กลายเป็น 0 V เป็นต้น พารามิเตอร์ที่สำคัญ มีดังนี้



รูปที่ 1.13 คุณลักษณะของรูปลคลื่นพัลส์ในอุดมคติ

ขอบหน้า (Leading Edge) หรือขอบขาขึ้น เป็นช่วงที่แรงดันไฟฟ้าเปลี่ยนจาก 0 V เพิ่มขึ้นเป็น 5 V

ขอบหลัง (Trailing Edge) หรือขอบขาลง เป็นช่วงที่แรงดันไฟฟ้าเปลี่ยนจาก 5 V ลดลงเป็น 0 V

ความกว้างของพัลส์ (Pulse Width ; PW) คือ ช่วงเวลาจากขอบหน้าถึงขอบหลังของรูปลคลื่นพัลส์ หรือเป็นช่วงเวลาที่มืพัลส์ (Pulse Time ; t_p) มีหน่วยเป็นวินาที (Second ; s)

ช่องว่างระหว่างพัลส์ (Space Width or Pulse Separation ; t_s) คือ ช่วงเวลาที่ไม่มีพัลส์เกิดขึ้นระหว่างพัลส์รูปแรกกับพัลส์รูปต่อไป มีหน่วยเป็นวินาที

คาบเวลาของพัลส์ (Time Period ; T) คือ ช่วงเวลาจากขอบหน้าของพัลส์รูปแรกถึงขอบหน้าของพัลส์รูปถัดไป หรือเป็นช่วงเวลาที่เกิดพัลส์ซ้ำ (Pulse Repetition Time)

$$T = PW + t_s \quad \dots\dots\dots (1.8)$$

ความแรงของพัลส์ (Pulse Amplitude) คือ ค่าแรงดันไฟฟ้าของรูปคลื่นพัลส์ จากรูปที่ 1.13 มีค่าสูงสุด 5 V ต่ำสุด 0 V

ดิวตี้ไซเคิล (Duty Cycle ; D) คือ อัตราส่วนระหว่างช่วงที่มีพัลส์ (PW) กับคาบเวลาของพัลส์ (T) คิดเป็นเปอร์เซ็นต์

$$\text{ดิวตี้ไซเคิล} = \frac{PW}{T} \times 100 \quad \dots\dots\dots (1.9)$$

จากรูปที่ 1.13

$$\begin{aligned} \text{ดิวตี้ไซเคิล} &= \left(\frac{12 - 7}{17 - 7} \right) \times 100 \\ &= 50\% \end{aligned}$$

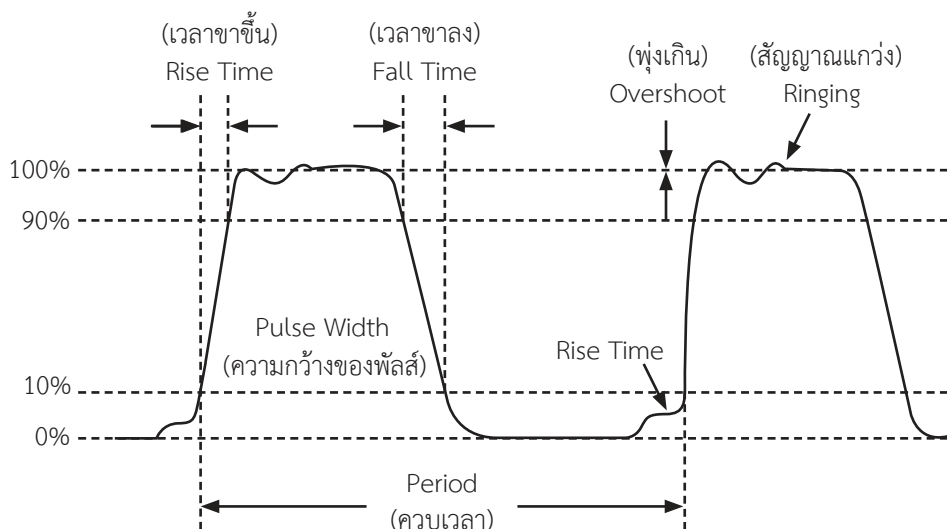
จากที่กล่าวมาข้างต้นเป็นลักษณะรูปคลื่นพัลส์ในอุดมคติ แต่ในความเป็นจริงทางปฏิบัติจะมีลักษณะดังรูปที่ 1.14 จะมีช่วงเวลาไต่ขึ้น และช่วงเวลาลง รูปคลื่นจึงมีลักษณะโค้งมนไม่เป็นรูปสี่เหลี่ยมที่สมบูรณ์ พารามิเตอร์ที่สำคัญ มีดังนี้

เวลาขาขึ้น (Rise Time ; t_r) คือ ช่วงเวลาที่พัลส์มีขนาดเพิ่มขึ้นตั้งแต่ 10% ถึง 90% ของขนาดสูงสุดของพัลส์

เวลาขาลง (Fall Time ; t_f) คือ ช่วงเวลาที่พัลส์มีขนาดลดลงจาก 90% ถึง 10% ของขนาดสูงสุดของพัลส์

ความกว้างของพัลส์ (Pulse Width ; PW) จะใช้ค่าเฉลี่ย คือ ช่วงเวลาที่พัลส์มีแอมพลิจูดเท่ากับ 50% ของค่าสูงสุด อาจเรียกอีกอย่างว่า **พัลส์ดูเรชัน (Pulse Duration)**

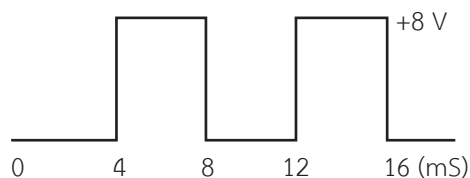
สำหรับพารามิเตอร์อื่น ๆ จะพิจารณาจากระดับการวัด ประกอบด้วยค่าเริ่มต้นเกิน (Preshoot) ค่าพุ่งเกิน (Overshoot) ค่าสัญญาณแกว่ง (Ringing) ค่าการลดเอียงลง (Pulse Droop)



รูปที่ 1.14 ลักษณะรูปคลื่นพัลส์ในความเป็นจริง

ตัวอย่างที่ 1.4 จากรูปที่ 1.15 จงหาค่าต่อไปนี้

1. ความกว้างของพัลส์ (PW)
2. ช่องว่างระหว่างพัลส์ (t_s)
3. คาบเวลาของพัลส์ (T)
4. ความถี่ของพัลส์ (f)
5. ดิวตี้ไซเคิล (D)



รูปที่ 1.15 ภาพประกอบตัวอย่างที่ 1.4

- วิธีทำ
1. ความกว้างของพัลส์ $PW = 8 \text{ ms} - 4 \text{ ms} = 4 \text{ ms}$
 2. ช่องว่างระหว่างพัลส์ $t_s = 12 \text{ ms} - 8 \text{ ms} = 4 \text{ ms}$
 3. คาบเวลาของพัลส์ $T = 12 \text{ ms} - 4 \text{ ms} = 8 \text{ ms}$
 4. ความถี่ของพัลส์ $f = \frac{1}{T} = \frac{1}{8 \times 10^{-3}} = 125 \text{ Hz}$
 5. ดิวตี้ไซเคิล $D = \frac{PW}{T} \times 100 = \left(\frac{4 \times 10^{-3}}{8 \times 10^{-3}} \right) \times 100 = 50\%$

ดังนั้น ดิวตี้ไซเคิลเท่ากับ 50%

ตอบ

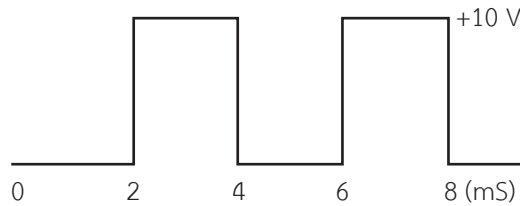
1.3

ค่าแรงดันไฟฟ้าเฉลี่ยของรูปคลื่นสัญญาณพัลส์



ค่าแรงดันไฟฟ้าเฉลี่ย (Average Voltage ; V_{av}) ของรูปคลื่นพัลส์หรือสัญญาณพัลส์สี่เหลี่ยม จะคำนวณจากพื้นที่พัลส์ใน 1 ไซเคิลหารด้วยคาบเวลาของพัลส์ (T) ดังรูปที่ 1.16

$$\text{แรงดันไฟฟ้าเฉลี่ย } E_{av} = \frac{\text{พื้นที่ด้านบวก} + \text{พื้นที่ด้านลบ}}{\text{คาบเวลาของพัลส์ (T)}}$$

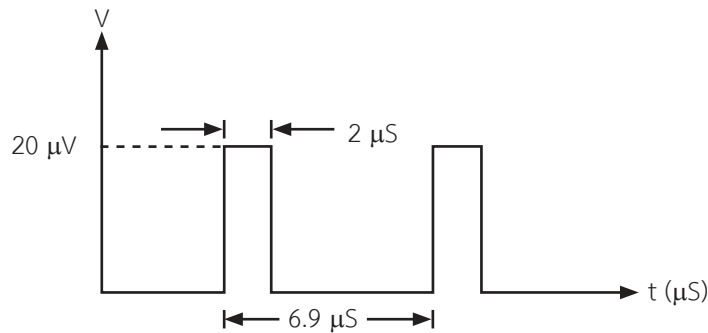


รูปที่ 1.16 รูปคลื่นสัญญาณพัลส์

$$\begin{aligned} \text{แรงดันไฟฟ้าเฉลี่ย } E_{av} &= \frac{[10 \text{ V} \times (4 - 2) \text{ ms}] + [0 \text{ V} \times (6 - 4) \text{ ms}]}{(6 - 2) \text{ ms}} \\ &= 5 \text{ V} \end{aligned}$$

ตัวอย่างที่ 1.5

จากรูปที่ 1.17 จงหาแรงดันไฟฟ้าค่าเฉลี่ยของสัญญาณพัลส์



รูปที่ 1.17 ภาพประกอบตัวอย่างที่ 1.5

วิธีทำ แรงดันไฟฟ้าเฉลี่ย $E_{av} = \frac{\text{พื้นที่ด้านบวก} + \text{พื้นที่ด้านลบ}}{\text{คาบเวลาของพัลส์ (T)}}$

$$\begin{aligned} \text{พื้นที่ด้านบวก} &= (20 \text{ } \mu\text{V}) \times (2 \text{ } \mu\text{s}) = 20 \times 10^{-6} \times 2 \times 10^{-6} \\ &= 40 \times 10^{-12} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{พื้นที่ด้านลบ} &= (0 \text{ V}) 4.9 \text{ } \mu\text{s} = 0 \times 4.9 \times 10^{-6} \\ &= 0 \end{aligned}$$

$$\text{คาบเวลาของพัลส์ } T = 6.9 \mu\text{s} = 6.9 \times 10^{-6}$$

$$\text{จะได้ แรงดันไฟฟ้าเฉลี่ย } E_{av} = \frac{40 \times 10^{-12}}{6.9 \times 10^{-6}} = 5.80 \mu\text{V}$$

ดังนั้น แรงดันไฟฟ้าเฉลี่ยเท่ากับ 5.80 μV

ตอบ



สรุปสาระสำคัญ



1. ในการเริ่มต้นเรียนรู้เกี่ยวกับวงจรพัลส์และสวิตชิง เริ่มแรกต้องรู้จักรูปร่างสัญญาณไฟฟ้า เช่น รูปคลื่นขั้นบันได รูปคลื่นลาดเอียง รูปคลื่นสามเหลี่ยม รูปคลื่นฟันเลื่อย รูปคลื่นสี่เหลี่ยมมุมฉาก รูปคลื่นสี่เหลี่ยมจัตุรัส รูปคลื่นเอกซ์โพเนนเชียล รูปคลื่นอินทิเกรเตอร์ และรูปคลื่นดิฟเฟอเรนเชียล
2. รูปคลื่นไซน์ไม่จัดอยู่ในรูปคลื่นของสัญญาณพัลส์ เพราะเป็นรูปคลื่นที่เกิดจากแหล่งกำเนิดสัญญาณต่าง ๆ ทางธรรมชาติ เช่น เสียง เป็นต้น
3. พารามิเตอร์ของรูปคลื่นไซน์มีดังนี้
 - 3.1 คาบเวลา (T) = $\frac{1}{f}$; เมื่อ f คือ ความถี่
 - 3.2 แรงดันไฟฟ้ายอดคลื่น (V_p) = $\frac{V_{P-P}}{2}$
 - 3.3 แรงดันไฟฟ้าเฉลี่ย (E_{av}) = $0.636 V_p$
 - 3.4 แรงดันไฟฟ้าปรากฏใช้งานจริง (V_{rms}) = $0.707 V_p$
4. รูปคลื่นพัลส์ในทางอุดมคติจะเกิดการเปลี่ยนแปลงระดับอย่างรวดเร็วจากระดับหนึ่งไปยังอีกระดับหนึ่ง เช่น จาก 0 V เป็น 5 V หรือจาก 5 V เป็น 0 V เป็นต้น
5. พารามิเตอร์ที่สำคัญของรูปคลื่นสัญญาณพัลส์ ได้แก่ ขอบหน้า ขอบหลัง ความกว้างของพัลส์ ช่องว่างระหว่างพัลส์ คาบเวลาของพัลส์ ความแรงของพัลส์ และดิวตีไซเคิล
6. ค่าแรงดันไฟฟ้าเฉลี่ยของรูปคลื่นสัญญาณพัลส์สี่เหลี่ยมจะคำนวณจากพื้นที่สัญญาณพัลส์ใน 1 ไซเคิล แล้วหารด้วยคาบเวลาของพัลส์

$$\text{แรงดันไฟฟ้าเฉลี่ย } E_{av} = \frac{\text{พื้นที่ด้านบวก} + \text{พื้นที่ด้านลบ}}{\text{คาบเวลาของพัลส์ } (T)}$$

ใบงานที่ 1.1

การทดสอบสัญญาณรูปคลื่นไซน์

ชื่อ - สกุล..... สาขา/ชั้น/กลุ่ม.....
วันที่ปฏิบัติงาน..... เวลา 90 นาที กำหนดส่งงาน.....

ผลลัพธ์การปฏิบัติ

วัดและวิเคราะห์พารามิเตอร์ของสัญญาณรูปคลื่นไซน์โดยใช้ออสซิลโลสโคป

จุดประสงค์การเรียนรู้

1. ประกอบและต่อวงจรทดสอบสัญญาณรูปคลื่นไซน์ได้ถูกต้อง
2. ปรับแต่งเครื่องกำเนิดสัญญาณรูปคลื่นไซน์และออสซิลโลสโคปได้ถูกต้อง
3. วัดและอ่านค่าพร้อมคำนวณหาค่า คาบเวลา ความถี่ และแรงดันไฟฟ้าได้ถูกต้อง



แบบประเมินผล
ใบงานที่ 1.1

เครื่องมือ - อุปกรณ์

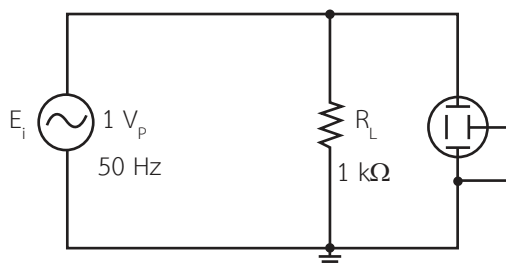
- | | | |
|------------------------------------|---|---------|
| 1. เครื่องกำเนิดสัญญาณรูปคลื่นไซน์ | 1 | เครื่อง |
| 2. ออสซิลโลสโคป | 1 | เครื่อง |
| 3. ตัวต้านทานคงที่ค่า 1 K Ω | 1 | ตัว |
| 4. บอร์ดทดลองและสายต่อวงจร | 1 | ชุด |
| 5. ชุดทดลองวงจรพัลส์และสวิตชิง | 1 | ชุด |

สาระสำคัญ

การใช้เครื่องมือวัดและทดสอบรูปคลื่นไซน์ เพื่อปรับแต่งให้เหมาะกับการใช้งานเป็นสิ่งสำคัญ และสามารถฝึกปฏิบัติได้

ขั้นตอนการปฏิบัติ

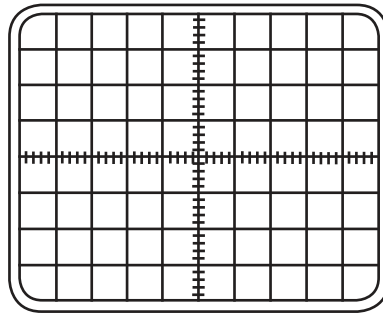
1. ประกอบและต่อวงจรตามรูปที่ 1.1.1



รูปที่ 1.1.1 ทดสอบสัญญาณรูปคลื่นไซน์

2. ปรับเครื่องกำเนิดสัญญาณรูปคลื่นไซน์ ความถี่ 50 Hz ขนาดแอมพลิจูด $1 V_p$ คาบเวลาใน 1 วงรอบ มีค่าเท่ากับ ms

3. บันทึกรูปคลื่นสัญญาณลงในรูปที่ 1.1.2 วัดและคำนวณพร้อมบันทึกค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ ตามตารางที่ 1.1.1



VOLTS/DIV

TIME/DIV

รูปที่ 1.1.2 รูปคลื่นสัญญาณไซน์ตกคร่อม R_L

ตารางที่ 1.1.1 พารามิเตอร์รูปคลื่นไซน์

พารามิเตอร์	V_p	V_{p-p}	$T = \frac{1}{f}$	$f = \frac{1}{T}$	E_{av}	E_{rms}
ค่าที่อ่านได้						
หน่วย						

คำถามหลังการปฏิบัติ

1. ตัวต้านทาน $R_L = 1 \text{ k}\Omega$ มีผลต่อการทำให้แรงดันไฟฟ้า V_p V_{p-p} E_{av} และ E_{rms} เปลี่ยนแปลงได้หรือไม่ เพราะเหตุใด

2. กรณีที่ R_L เกิดการขาดวงจร จะทำให้ความถี่ของรูปคลื่นไซน์และแรงดันไฟฟ้า E_{av} เปลี่ยนแปลงไปจากเดิมได้หรือไม่ เพราะเหตุใด

สรุปผลการปฏิบัติ

.....

.....

.....

.....

.....

ใบงานที่ 1.2

การทดสอบสัญญาณรูปคลื่นพัลส์

ชื่อ - สกุล..... สาขา/ชั้น/กลุ่ม.....
วันที่ปฏิบัติงาน..... เวลา 90 นาที กำหนดส่งงาน.....

ผลลัพธ์การปฏิบัติ

วัดและวิเคราะห์พารามิเตอร์ของสัญญาณรูปคลื่นพัลส์
โดยใช้ออสซิลโลสโคป



แบบประเมินผล
ใบงานที่ 1.2

จุดประสงค์การเรียนรู้

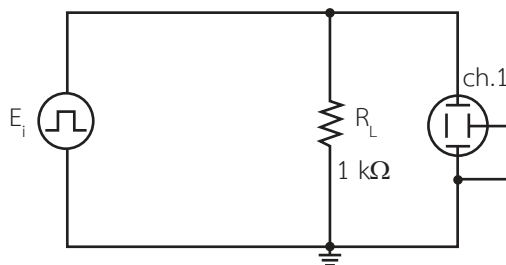
1. ประกอบและต่อวงจรทดสอบสัญญาณรูปคลื่นพัลส์ได้ถูกต้อง
2. ปรับแต่งเครื่องกำเนิดสัญญาณรูปคลื่นพัลส์และออสซิลโลสโคปได้ถูกต้อง
3. วัดและอ่านค่าพร้อมคำนวณหาค่า คาบเวลา ความถี่ ความกว้างของพัลส์ ช่องว่างระหว่างพัลส์ และดิวตีไซเกิลได้ถูกต้อง

เครื่องมือ - อุปกรณ์

- | | | |
|-------------------------------------|---|---------|
| 1. เครื่องกำเนิดสัญญาณรูปคลื่นพัลส์ | 1 | เครื่อง |
| 2. ออสซิลโลสโคป | 1 | เครื่อง |
| 3. ตัวต้านทานคงที่ค่า 1 k Ω | 1 | ตัว |
| 4. บอร์ดทดลองและสายต่อวงจร | 1 | ชุด |

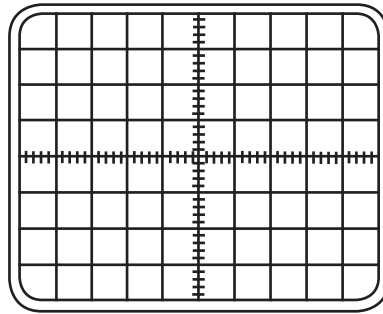
ขั้นตอนการปฏิบัติ

1. ประกอบและต่อวงจรตามรูปที่ 1.2.1



รูปที่ 1.2.1 ทดสอบสัญญาณรูปคลื่นพัลส์

2. ปรับเครื่องกำเนิดสัญญาณรูปคลื่นพัลส์ ขนาดความแรงสัญญาณ 50% จากนั้นปรับความถี่พัลส์ให้อ่านหน้าจ่อออสซิลโลสโคปใน 1 รอบคลื่นให้ได้เวลา 8 ms และมีค่าดิวตีไซเกิล 50%
3. บันทึกรูปคลื่นสัญญาณลงในรูปที่ 1.2.2 วัดและคำนวณพร้อมบันทึกค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ ตามตารางที่ 1.2.1



VOLTS/DIV

TIME/DIV

รูปที่ 1.2.2 รูปคลื่นสัญญาณพัลส์ตกคร่อม R_L

ตารางที่ 1.2.1 พารามิเตอร์รูปคลื่น

พารามิเตอร์	PW	t_s	$T = \frac{1}{f}$	$f = \frac{1}{T}$	D
ค่าที่อ่านได้					
หน่วย					

คำถามหลังการปฏิบัติ

1. ความถี่ที่เกิดขึ้นมีค่าเท่าไรและพิจารณาจากอะไร
2. ตัวต้านทาน $R_L = 1 \text{ k}\Omega$ มีผลต่อค่าความถี่หรือไม่ เพราะเหตุใด
3. ความกว้างของพัลส์เหมือนหรือแตกต่างจากช่องว่างระหว่างพัลส์หรือไม่ เพราะเหตุใด

สรุปผลการปฏิบัติ

.....

.....

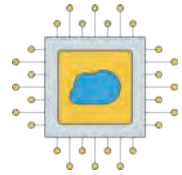
.....

.....

.....

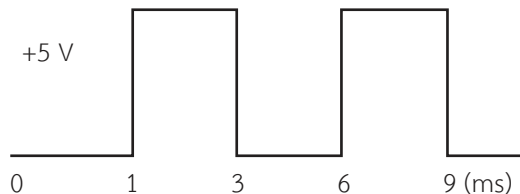
แบบฝึกหัดบทเรียนที่

1



ตอนที่ 1 จงตอบคำถามต่อไปนี้

- อธิบายความหมายคุณลักษณะของรูปคลื่นพัลส์
 - 1.1 ขอบหน้า
 - 1.2 ขอบหลัง
 - 1.3 ความกว้างของพัลส์
 - 1.4 ช่องว่างระหว่างพัลส์
 - 1.5 คาบเวลาของพัลส์
 - 1.6 เวลาไต่ขึ้น
 - 1.7 เวลาขาลง
 - 1.8 ความแรงของพัลส์
 - 1.9 ดิวตีไซเคิล
 - 1.10 ความถี่ของพัลส์
- เขียนรูปคลื่นไซน์และกำหนดคุณลักษณะบนรูปคลื่น
- รูปคลื่นพัลส์ในทางปฏิบัติต่างจากรูปคลื่นพัลส์ในอุดมคติอย่างไร
- เปรียบเทียบความแตกต่างของรูปคลื่นสี่เหลี่ยมมุมฉากกับรูปคลื่นสี่เหลี่ยมจัตุรัส
- รูปคลื่นพัลส์สี่เหลี่ยมดังรูปจงหาค่าแรงดันไฟฟ้าเฉลี่ยและดิวตีไซเคิล



ตอนที่ 2 จงเลือกคำตอบที่ถูกต้องที่สุดเพียงคำตอบเดียว

- ข้อใดคือลักษณะรูปคลื่นไซน์
 - ก. เป็นรูปคลื่นแบบสมมาตร
 - ข. แรงดันไฟฟ้าค่าเฉลี่ยเท่ากับศูนย์
 - ค. $E_{rms} = 0.707 V_p$
 - ง. แรงดันไฟฟ้าเฉลี่ยมีค่าเท่ากับศูนย์ และ $E_{av} = 0.636 V_p$
- รูปคลื่นตามข้อใดได้จากการรวมกันของรูปคลื่นลาดเอียงขึ้นและลาดเอียงลง
 - ก. รูปคลื่นฟันเลื่อย
 - ข. รูปคลื่นสามเหลี่ยม
 - ค. รูปคลื่นสี่เหลี่ยมมุมฉาก
 - ง. รูปคลื่นสี่เหลี่ยมจัตุรัส
- ช่วงเวลาที่เกิดพัลส์ซ้ำมีความหมายตรงกับข้อใด
 - ก. ขอบหน้า
 - ข. ช่องว่างระหว่างพัลส์
 - ค. คาบเวลาของพัลส์
 - ง. ความแรงของพัลส์



แบบทดสอบ
คุณาน

4. ความกว้างของพัลส์หมายถึงข้อใด

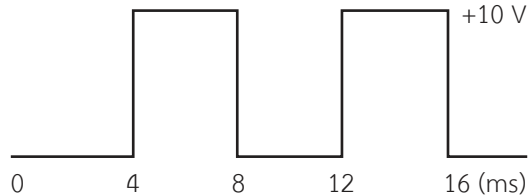
ก. ขอบหน้าถึงขอบหลัง

ข. ระหว่างพัลส์รูปแรกกับรูปถัดไป

ค. เวลาได้ขึ้น

ง. คาบเวลาของพัลส์

จากรูป จงตอบคำถามข้อ 5 - 6



5. แอมพลิจูดของรูปคลื่นพัลส์มีค่าเท่าใด

ก. 4 V

ข. 8 V

ค. 10 V

ง. 0 V

6. ค่าแรงดันไฟฟ้าเฉลี่ยของรูปคลื่นพัลส์มีค่าเท่าใด

ก. 5 V

ข. 6.6 V

ค. 3.3 V

ง. 0 V

7. รูปคลื่นไซน์มีแรงดันไฟฟ้าจากยอดถึงยอดเท่ากับ 30 μV ค่าแรงดันไฟฟ้าเฉลี่ย (E_{av}) เป็นเท่าไร

ก. 9.53 μV

ข. 9.54 μV

ค. 9.55 μV

ง. 9.66 μV

8. โดยทั่วไปรูปคลื่นพัลส์ในทางอุดมคติ มีค่าดิวิตีไซเคิลเท่าไร

ก. 35%

ข. 45%

ค. 50%

ง. 85%

จากข้อมูลนี้ จงตอบคำถามข้อ 9 - 10

รูปคลื่นสี่เหลี่ยมมุมฉาก มีช่วงเวลาจากขอบหน้าถึงขอบหลังเท่ากับ 20 ms และคาบเวลาของพัลส์เท่ากับ 21.92 ms

9. ช่องว่างระหว่างพัลส์มีค่าเท่าไร

ก. 1.89 ms

ข. 1.90 ms

ค. 1.91 ms

ง. 1.92 ms

10. ความถี่ที่เกิดขึ้นของสัญญาณพัลส์นี้มีค่าเท่าไร

ก. 45.62 Hz

ข. 45.72 Hz

ค. 45.82 Hz

ง. 45.92 Hz

ตอนที่ 3 จงอธิบายคำศัพท์ต่อไปนี้

1. Symmetrical Wave

2. Sine Wave

3. Leading Edge

4. Trailing Edge

5. Space Width

6. Pulse Repetition Time

7. Duty Cycle

8. Rise Time

9. Ided Pulse Wave Form

10. Sawtooth Wave Form

วงจรแปลงรูป สัญญาณไฟฟ้า



หัวเรื่องหลัก

- | | |
|-------------------------------------|-----------------------|
| 2.1 วงจรแปลงรูปสัญญาณไฟฟ้า | 2.3 วงจรอินทิเกรเตอร์ |
| 2.2 วงจรดิฟเฟอเรนเชียลอินทิเกรเตอร์ | 2.4 ค่าเวลาคงที่ |



ผลลัพธ์การเรียนรู้ระดับบทเรียน

- อธิบายหลักการทำงานของวงจรแปลงรูปสัญญาณไฟฟ้า
- ออกแบบและทดสอบวงจรดิฟเฟอเรนเชียลอินทิเกรเตอร์และอินทิเกรเตอร์



แนวคิดหลัก

วงจรแปลงรูปสัญญาณไฟฟ้า หมายถึง การนำสัญญาณไฟฟ้าผ่านอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์แล้วทำให้รูปร่างสัญญาณไฟฟ้าเปลี่ยนแปลง โดยจะนำสัญญาณพัลส์มาผ่านอุปกรณ์ตัวต้านทาน (R) กับตัวเก็บประจุไฟฟ้า (C) ได้สัญญาณคลื่นดิฟเฟอเรนเชียลอินทิเกรเตอร์และอินทิเกรเตอร์



สมรรถนะการเรียนรู้

- แสดงความรู้เกี่ยวกับวงจรแปลงรูปสัญญาณไฟฟ้า วงจรดิฟเฟอเรนเชียลอินทิเกรเตอร์ วงจรอินทิเกรเตอร์ และค่าคงที่เวลา
- ประกอบและทดสอบดิฟเฟอเรนเชียลอินทิเกรเตอร์และวงจรอินทิเกรเตอร์



จุดประสงค์การเรียนรู้

- อธิบายหลักการทำงานของวงจรแปลงรูปสัญญาณไฟฟ้าและการเปลี่ยนแปลงรูปร่างของสัญญาณหลังผ่านวงจรได้ถูกต้อง
- อธิบายและวิเคราะห์การทำงานของวงจรดิฟเฟอเรนเชียลอินทิเกรเตอร์และวงจรอินทิเกรเตอร์ได้ถูกต้อง
- คำนวณและยกตัวอย่างค่าเวลาคงที่ของวงจรที่มีตัวต้านทานและตัวเก็บประจุไฟฟ้าได้ถูกต้อง
- เขียนสมการการเก็บและคายประจุของตัวเก็บประจุในวงจรอินทิเกรเตอร์ได้ถูกต้อง
- วิเคราะห์และเขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันไฟฟ้าตกคร่อมตัวเก็บประจุและระยะเวลาในช่วงการเก็บและคายประจุได้
- ประกอบและทดสอบวงจรดิฟเฟอเรนเชียลอินทิเกรเตอร์และอินทิเกรเตอร์ พร้อมตรวจสอบสัญญาณเอาต์พุตโดยใช้ออสซิลโลสโคปได้



เนื้อหาสาระ

บทเรียนนี้เป็นการศึกษาเกี่ยวกับวงจรแปลงรูปสัญญาณ โดยนำอุปกรณ์ตัวต้านทาน (R) กับตัวเก็บประจุไฟฟ้า (C) มาต่อเข้ากับเครื่องกำเนิดสัญญาณพัลส์ได้เป็นวงจรดิฟเฟอเรนเชียลอินทิเกรเตอร์

2.1

วงจรแปลงรูปสัญญาณไฟฟ้า



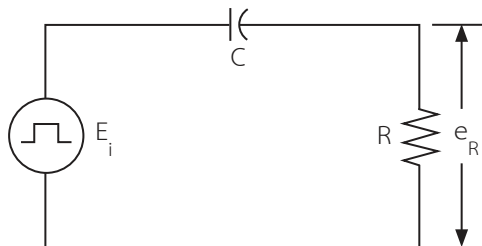
วงจรแปลงรูปสัญญาณไฟฟ้า (Electrical Transducer Circuit) หมายถึง การนำสัญญาณไฟฟ้ามาผ่านอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ แล้วทำให้รูปร่างสัญญาณไฟฟ้าเปลี่ยนแปลง เช่น การนำสัญญาณรูปคลื่นสี่เหลี่ยมหรือสัญญาณพัลส์มาผ่านอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่เป็นตัวต้านทานกับตัวเก็บประจุไฟฟ้าแล้ว ทำให้อาต์พุตของวงจรมีรูปร่างเปลี่ยนแปลงไป เช่น รูปคลื่นฟันเลื่อย รูปคลื่นสไปค์ (Spike) ที่มียอดแหลม เป็นต้น ซึ่งรูปคลื่นสัญญาณเอาต์พุตดังกล่าวถูกนำไปป้อนเป็นสัญญาณพัลส์ให้กับวงจรอิเล็กทรอนิกส์อื่น ๆ ได้ทำงานตรงตามเป้าหมายต่อไป ซึ่งวงจรแปลงรูปสัญญาณไฟฟ้าเบื้องต้น ได้แก่ วงจรดิฟเฟอเรนเชียลอินทิเกรเตอร์

2.2

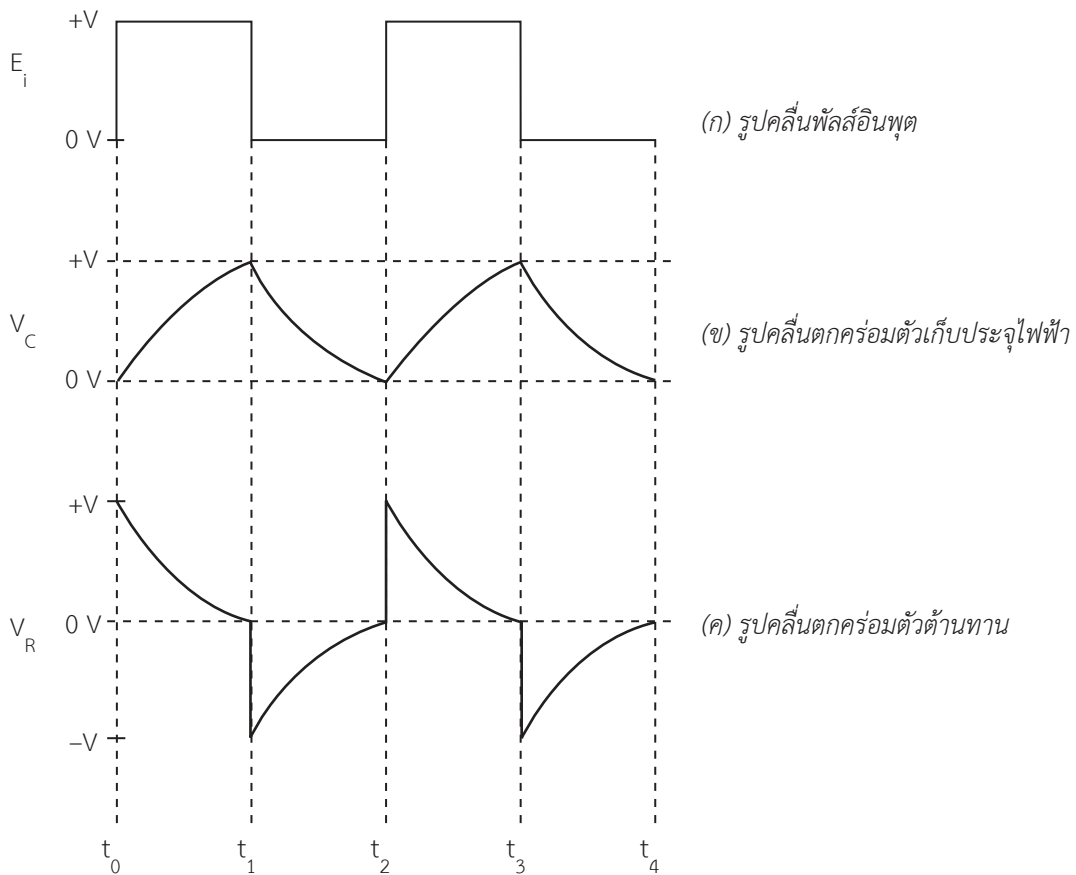
วงจรดิฟเฟอเรนเชียลอินทิเกรเตอร์



วงจรดิฟเฟอเรนเชียลอินทิเกรเตอร์ (Differentiator Circuit) หมายถึง วงจร RC อนุกรม (วงจรแปลงรูปสัญญาณ) ที่สัญญาณเอาต์พุต (Output) จะวัดจากแรงดันไฟฟ้าที่ตกคร่อมตัวต้านทาน (e_R) ทั้งนี้สัญญาณเอาต์พุตจะมีรูปร่างต่างกัน ขึ้นอยู่กับค่าเวลาของ RC ในวงจรนั้น ๆ และเป็นวงจรกรองสัญญาณความถี่สูงผ่าน (High Pass Filter) เพราะค่ารีแอคแตนซ์ของตัวเก็บประจุไฟฟ้าจะลดลงเมื่อความถี่สูงขึ้น ซึ่งวงจรนี้ถือได้ว่าเป็นวงจรแปลงรูปสัญญาณขึ้นอยู่กับการเก็บประจุไฟฟ้า และการคายประจุไฟฟ้าของตัวเก็บประจุไฟฟ้า C จึงทำให้สัญญาณเอาต์พุตเปลี่ยนแปลง ซึ่งรูปที่ 2.2 แสดงรูปคลื่นในวงจรดิฟเฟอเรนเชียลอินทิเกรเตอร์



รูปที่ 2.1 วงจรดิฟเฟอเรนเชียลอินทิเกรเตอร์



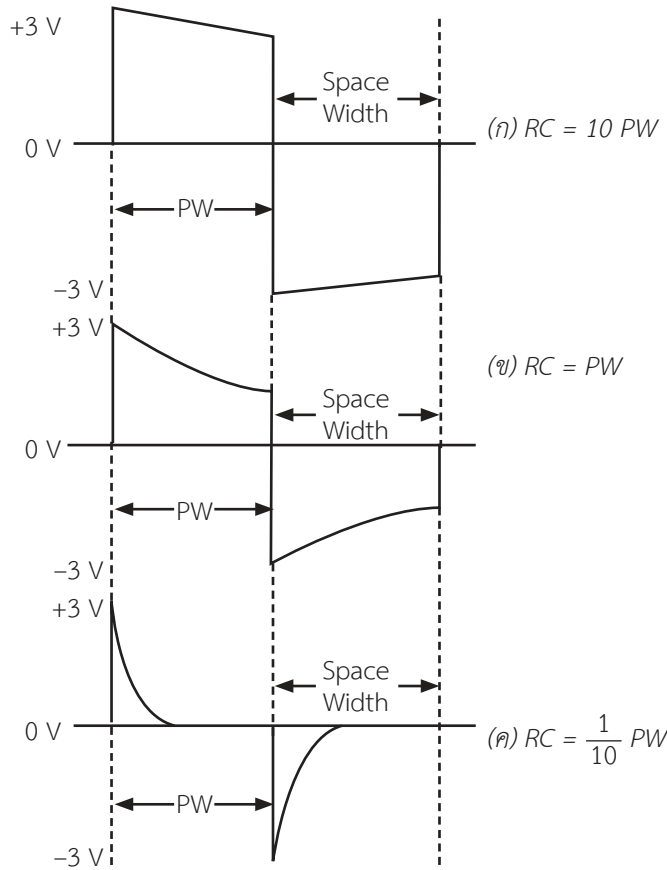
รูปที่ 2.2 รูปคลื่นในวงจรดีฟเฟอร์เรนชิเอเตอร์

อย่างไรก็ตาม เมื่อมีการป้อนสัญญาณพัลส์ (E_i) เข้าทางอินพุตของวงจรดีฟเฟอร์เรนชิเอเตอร์ จะได้แรงดันไฟฟ้าตกรวมตัวต้านทาน (R) เป็นสัญญาณแบบดีฟเฟอร์เรนชิเอเตอร์ โดยความสัมพันธ์ระหว่างค่า RC และความกว้างของพัลส์ (Pulse Width, PW) มีผลต่อรูปสัญญาณเอาต์พุตที่จะเกิดขึ้น (รูปที่ 2.3) แยกได้ 3 กรณี ดังนี้

1. วงจรที่มีค่าเวลาคงที่ยาว (Long Time Constant) แสดงดังรูปที่ 2.3 (ก) เป็นวงจรที่มีค่าเวลาคงที่ RC มากกว่าหรือเท่ากับ 10 เท่า ความกว้างของพัลส์ ($RC = 10 PW$) ระดับแรงดันไฟฟ้าเอาต์พุตจึงมีความชัน (Slope) เนื่องจากแรงดันไฟฟ้าบางส่วนจะตกคร่อมที่ตัวเก็บประจุไฟฟ้า C ตามสมการ $e_R = E - e_C$

2. วงจรที่มีค่าเวลาคงที่ปานกลาง (Medium Time Constant) แสดงดังรูปที่ 2.3 (ข) เป็นวงจรที่มีค่าเวลาคงที่ RC เท่ากับความกว้างของพัลส์ ($RC = PW$) ระดับแรงดันไฟฟ้าเอาต์พุตจะมีความลาดเอียงมากขึ้น เนื่องจากแรงดันไฟฟ้าตกคร่อม R หรือ e_R มีค่าลดต่ำลงเล็กน้อย

3. วงจรที่มีค่าเวลาคงที่สั้น (Short Time Constant) แสดงดังรูปที่ 2.3 (ค) เป็นวงจรที่มีค่าเวลาคงที่ RC น้อยกว่า ความกว้างของพัลส์ประมาณ $\frac{1}{10}$ เท่า ($RC = \frac{1}{10} PW$) ระดับแรงดันไฟฟ้าเอาต์พุตจะเป็นรูปพัลส์ปลายแหลม



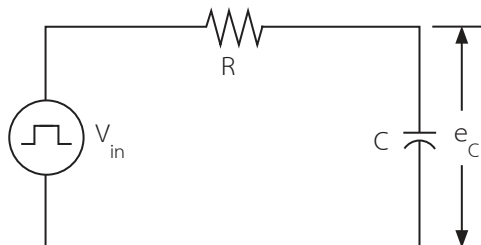
รูปที่ 2.3 เอาต์พุตวงจรอินทิเกรเตอร์ที่มีค่าเวลาคงที่ต่างกัน

2.3

วงจรอินทิเกรเตอร์



วงจรอินทิเกรเตอร์ (Integrator circuit) หมายถึง วงจร RC อนุกรม (วงจรแปลงรูปสัญญาณ) ที่สัญญาณเอาต์พุตจะวัดจากแรงดันไฟฟ้าที่ตกคร่อมคาปาซิเตอร์ (e_c) แสดงดังรูปที่ 2.4 ทั้งนี้สัญญาณเอาต์พุตจะมีรูปร่างต่างกันไปขึ้นอยู่กับค่าเวลาคงที่ RC ในวงจร และเป็นวงจรกรองสัญญาณความถี่ต่ำผ่าน (Low Pass Filter) เมื่อความถี่สูงขึ้น ตัวเก็บประจุไฟฟ้า C จะเสมือนถูกลัดวงจร ($X_C = 0$) ทำให้แอมพลิจูดของสัญญาณเอาต์พุต (e_c) มีค่าลดลงเท่ากับศูนย์เมื่อความถี่สูงมาก ๆ ซึ่งวงจรนี้ถือได้ว่าเป็นวงจรแปลงรูปสัญญาณจึงทำให้สัญญาณเอาต์พุตเกิดการเปลี่ยนแปลงขึ้น



รูปที่ 2.4 วงจรอินทิเกรเตอร์