

# สารบัญ

<b>1. สัญญาณ</b> .....	<b>1</b>
1.1 การเขียนแสดงซีเควินของสัญญาณดีสครีต.....	4
1.2 สัญญาณพื้นฐานที่สำคัญ .....	5
1.2.1 สัญญาณอนาล็อก.....	5
1.2.2 สัญญาณดีสครีต.....	13
แบบฝึกหัด.....	22
<b>2. อนุกรมฟูเรียร์</b> .....	<b>25</b>
2.1 ฟังก์ชันคาบ.....	25
2.2 อนุกรมฟูเรียร์.....	27
2.3 คุณสมบัติของไซน์และโคไซน์ :ฟังก์ชันออร์โธโกนอล.....	28
2.4 การหาค่าสัมประสิทธิ์ฟูเรียร์.....	31
2.5 การประมาณด้วยอนุกรมฟูเรียร์ที่จำกัด.....	39
2.6 เงื่อนไข Dirichlet.....	41
2.7 อนุกรมฟูเรียร์กับการสมมาตรของฟังก์ชัน.....	42
2.8 รูปแบบเชิงซ้อนของอนุกรมฟูเรียร์.....	47
2.9 สเปกตรัมความถี่เชิงซ้อน.....	51
แบบฝึกหัด.....	57
<b>3. การแปลงฟูเรียร์</b> .....	<b>63</b>
3.1 บทนำ.....	63
3.2 จากอนุกรมฟูเรียร์สู่การแปลงฟูเรียร์.....	63
3.3 การแปลงฟูเรียร์.....	67
3.4 คุณสมบัติของการแปลงฟูเรียร์.....	72
3.5 การคอนโวลูชัน.....	82
3.6 ทฤษฎี Parseval และสเปกตรัมพลังงาน.....	89
3.7 การแปลงฟูเรียร์ของฟังก์ชันพื้นฐานที่สำคัญ.....	92
แบบฝึกหัด.....	100
<b>4. ระบบเชิงเส้น</b> .....	<b>103</b>
4.1 นิยามระบบเชิงเส้น.....	103
4.2 ฟังก์ชันระบบ.....	104
4.3 การตอบสนองต่อฟังก์ชันแหล่งกำเนิดเอ็กซ์โปเนนเชียลและฟังก์ชันระบบไอแกนฟังก์ชัน.....	108
4.4 การตอบสนองสถานะคงที่ไซนูซอยด์.....	111

4.5 การประยุกต์ใช้งานวงจรไฟฟ้า.....	114
4.6 ประยุกต์ใช้งานกับระบบแม่คานิคส์.....	122
4.7 การตอบสนองของระบบเชิงเส้นต่อฟังก์ชันยูนิทอิมพัลส์.....	125
4.7.1 ฟังก์ชันระบบ.....	126
4.7.2 ระบบคอซอล.....	131
4.8 การตอบสนองของระบบเชิงเส้นต่อฟังก์ชันยูนิทสเตป – อินทิกรัลซูปเปอร์โพสิชัน.....	133
4.9 ฟิลเตอร์อุดมคติ.....	135
แบบฝึกหัด.....	140
<b>5. ระบบการติดต่อสื่อสาร.....</b>	<b>143</b>
5.1 ทฤษฎีการสุ่ม.....	143
5.2 การมอดดูเลชันทางแอมปริจูด.....	151
5.3 การมอดดูเลชันแบบมม.....	162
5.4 การมอดดูเลชันแบบพัลส์.....	168
แบบฝึกหัด.....	172
<b>6. การแปลงลาปลาซ.....</b>	<b>177</b>
6.1 คำนิยาม.....	178
6.2 คู่การแปลง.....	178
6.3 คุณสมบัติและความสัมพันธ์สำหรับสัญญาณคอซอล.....	181
6.4 ทรานส์เฟอร์ฟังก์ชัน.....	183
6.5 ซีโรและโพล.....	185
6.6 ความมีเสถียรภาพ.....	189
6.7 วิธีการแปลงลาปลาซย้อนกลับ.....	191
6.8 การแก้สมการอนุพันธ์เชิงเส้นโดยใช้การแปลงลาปลาซ.....	196
6.9 คอนไวลูชัน.....	199
6.10 การตอบสนองสถานะคงที่ไชนูซอยด์.....	202
6.11 ทฤษฎีค่าเริ่มต้นและค่าสุดท้าย.....	204
6.12 ไดอะแกรมหรือโครงสร้างของระบบ.....	208
6.13 ไดอะแกรมระบบจากทรานส์เฟอร์ฟังก์ชัน.....	213
แบบฝึกหัด.....	224
<b>7. ระบบดีสครีตไทม์.....</b>	<b>229</b>
7.1 การอธิบายความสัมพันธ์อินพุท-เอาต์พุทของระบบ.....	230
7.2 บล็อกไดอะแกรมเขียนแสดงระบบดีสครีต.....	233
7.2.1 ตัวบวก.....	233

7.2.2 ตัวคูณด้วยค่าคงที่.....	233
7.2.3 ตัวคูณสัญญาณ.....	234
7.2.4 ตัวห่วงสัญญาณหนึ่งหน่วย.....	234
7.2.5 ตัวเลื่อนเวลาไปข้างหน้าหนึ่งหน่วย.....	235
7.3 การแบ่งชนิดของระบบดีสครีต.....	236
7.3.1 ระบบสถิตและ ระบบไดนามิก.....	237
7.3.2 ระบบไม่แปรผันกับเวลาและระบบแปรผันกับเวลา.....	238
7.3.3 ระบบเชิงเส้นและระบบไม่เป็นเชิงเส้น.....	240
7.3.4 ระบบคอซอลและระบบไม่ใช่คอซอล.....	244
7.3.5 ระบบที่มีเสถียรภาพ และระบบไม่มีเสถียรภาพ.....	245
7.4 การเชื่อมต่อระบบดีสครีตใหม่.....	245
7.5 การวิเคราะห์ระบบดีสครีตใหม่ที่เป็นเชิงเส้นและไม่แปรผันกับเวลา.....	247
7.5.1 เทคนิคการวิเคราะห์ระบบเชิงเส้น.....	247
7.5.2 การแยกระบบดีสครีตใหม่ออกเป็นอิมพัลส์.....	249
7.5.3 การตอบสนองของระบบ LTI ต่ออินพุตใดๆ: ผลรวมคอนโวลูชัน....	251
7.5.4 คุณสมบัติของคอนโวลูชันและการเชื่อมต่อระบบ LTI.....	259
7.5.5 ระบบคอซอล LTI.....	263
7.5.6 เสถียรภาพของระบบ LTI.....	265
7.5.7 ระบบที่มีการตอบสนองอิมพัลส์ที่มีช่วงจำกัดและไม่จำกัด.....	267
7.6 การใช้สมการผลต่างในการอธิบายระบบดีสครีต .....	268
7.6.1 ระบบดีสครีตแบบย้อนกลับและไม่ย้อนกลับ.....	269
7.6.2 ระบบ LTI ที่เขียนแทนคุณสมบัติด้วยสมการผลต่างแบบ สัมประสิทธิ์คงที่.....	272
แบบฝึกหัด.....	278
<b>8. การวิเคราะห์ความถี่ของสัญญาณและระบบดีสครีต.....</b>	<b>283</b>
8.1 การวิเคราะห์ความถี่ของสัญญาณดีสครีตใหม่.....	283
8.2 อนุกรมฟูเรียร์ของสัญญาณคาบแบบดีสครีตใหม่.....	284
8.3 สเปกตรัมความหนาแน่นของกำลังสำหรับสัญญาณคาบ.....	288
8.4 การแปลงฟูเรียร์ของสัญญาณดีสครีตใหม่แบบไม่เป็นคาบ.....	292
8.5 การลู่อเข้าของการแปลงฟูเรียร์.....	294
8.6 สเปกตรัมความหนาแน่นของพลังงานของสัญญาณไม่เป็นคาบ.....	298
8.7 คุณสมบัติการแปลงฟูเรียร์ของสัญญาณดีสครีต.....	304
8.8 คุณสมบัติสมมาตรของการแปลงฟูเรียร์.....	305
8.9 ทฤษฎีและคุณสมบัติการแปลงฟูเรียร์.....	314
8.10 คุณสมบัติเฉพาะพิเศษเฉพาะในฟรีควีนซีโดเมนของระบบ LTI.....	326

8.10.1 การตอบสนองต่อสัญญาณเอ็กซ์โปเนนเชียลเชิงซ้อนและ สัญญาณไซน์ชอยด์ : ฟังก์ชันการตอบสนองความถี่.....	327
8.10.2 การตอบสนองสถานะคงที่และการตอบสนองฉบับพลันต่อสัญญาณ อินพุทไซน์ชอยด์.....	338
8.10.3 การตอบสนองสถานะคงที่ต่อสัญญาณอินพุทที่เป็นคาบ.....	339
8.10.4 การตอบสนองต่อสัญญาณไม่เป็นคาบ.....	340
แบบฝึกหัด.....	343
<b>9. การแปลงซี.....</b>	<b>347</b>
9.1 บทนำการแปลงซี .....	347
9.1.1 คำนิยามการแปลงซี.....	347
9.1.2 ความสัมพันธ์ระหว่างการแปลงฟูเรียร์และการแปลงซี.....	358
9.1.3 คุณสมบัติของการแปลงซี.....	359
9.2 การแปลงซีแบบเลขเศษส่วน.....	371
9.2.1 โพลและซีโร.....	372
9.2.2 การแปลงซีย้อนกลับโดยใช้การแตกแยกส่วนย่อย.....	375
9.3 การวิเคราะห์ระบบไม่แปรผันกับเวลาเชิงเส้นโดยใช้การแปลงซี.....	385
9.3.1 การตอบสนองของระบบโดยใช้ฟังก์ชันระบบแบบเศษส่วน.....	385
9.3.2 การตอบสนองของระบบโพลซีโรที่มีเงื่อนไขเบื้องต้นไม่เป็นศูนย์....	387
9.3.3 การตอบสนองชั่วขณะและการตอบสนองสถานะคงที่.....	391
9.3.4 เสถียรภาพ.....	393
9.3.5 การหักล้างกันของโพลและซีโร.....	394
9.3.6 โพลซ้ำหลายอันดับและความมีเสถียรภาพ.....	397
9.3.7 การทดสอบเสถียรภาพแบบ Schür-Cohn.....	398
9.3.8 เสถียรภาพของระบบอันดับที่สอง.....	401
แบบฝึกหัด.....	407
บรรณานุกรม.....	409
ดัชนี.....	410
ภาคผนวก สูตรอนุพันธ์-อินทิเกรท.....	413