

สารบัญ

1	ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับการบันทึกในระบบแม่เหล็ก	1
1.1	บทนำ	1
1.2	ประวัติความเป็นมาของการบันทึกในระบบแม่เหล็ก	3
1.3	การบันทึกในระบบแม่เหล็กคืออะไร	6
1.4	การบันทึกในระบบแม่เหล็ก	6
1.4.1	โครงสร้างภายในของฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์	7
1.4.2	แบบจำลองระบบสื่อสารของฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์	9
1.4.3	โครงสร้างการจัดเก็บข้อมูลในฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์	10
1.4.4	วิวัฒนาการของหัวแม่เหล็ก	11
1.4.5	ลูปฮิสเทอรีซิส	12
1.4.6	ซูเปอร์พาราแมกเนติก	15
1.5	แนวโน้มของเทคโนโลยีการบันทึกข้อมูลในฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์	17
1.5.1	เทคโนโลยีการบันทึกแบบแนวนอน	18
1.5.2	เทคโนโลยีการบันทึกแบบแนวตั้ง	19
1.5.3	เทคโนโลยีการบันทึกในระบบแม่เหล็กที่ใช้ความร้อนเข้าช่วย	21
1.5.4	เทคโนโลยีหน่วยเก็บโพรบ	22
1.5.5	เทคโนโลยีฮอโลกราฟี	24
1.6	สรุปท้ายบท	24

1.7	แบบฝึกหัดท้ายบท	25
2	พื้นฐานทางคณิตศาสตร์สำหรับฮาร์ดดิสก์ไทรฟ์	27
2.1	ประเภทของสัญญาณ	27
2.1.1	สัญญาณที่ต่อเนื่องทางเวลาและสัญญาณที่ไม่ต่อเนื่องทางเวลา	28
2.1.2	สัญญาณเป็นคาบและสัญญาณไม่เป็นคาบ	29
2.1.3	สัญญาณเชิงกำหนดและสัญญาณสุ่ม	32
2.1.4	สัญญาณพลังงานและสัญญาณกำลัง	33
2.2	สัญญาณดิจิทัล	38
2.2.1	สัญญาณไบนารี	38
2.2.2	สัญญาณหลายระดับ	39
2.3	ฟังก์ชันที่น่าสนใจ	39
2.3.1	ฟังก์ชันขั้นหนึ่งหน่วย	40
2.3.2	ฟังก์ชันอิมพัลส์	40
2.3.3	ฟังก์ชันซิงก์	42
2.4	การเลื่อนเวลา การบีบ/ขยายเวลา และการพับสัญญาณ	44
2.4.1	การเลื่อนเวลา	44
2.4.2	การบีบ/ขยายเวลา	45
2.4.3	การพับสัญญาณ	45
2.4.4	การผสมระหว่างการเลื่อนเวลาและการพับสัญญาณ	46
2.5	คอนโวลูชัน	46
2.6	ระบบ	50
2.6.1	ประเภทของระบบ	51
2.6.2	ผลตอบสนองของระบบ	52
2.7	สหสัมพันธ์	55
2.7.1	สหสัมพันธ์ข้าม	55
2.7.2	อัตสหสัมพันธ์	56

2.7.3	ประโยชน์ของสหสัมพันธ์	61
2.8	สรุปท้ายบท	62
2.9	แบบฝึกหัดท้ายบท	62
3	การแปลงสัญญาณ	65
3.1	การแปลงฟูรีเยร์	65
3.2	การแปลงฟูรีเยร์ที่ต่อเนื่องทางเวลา	66
3.2.1	คุณสมบัติที่น่าสนใจของการแปลงฟูรีเยร์	72
3.2.2	ทฤษฎีบทพลังงานของเรย์ลี	78
3.2.3	ตัวอย่างการคำนวณการแปลงฟูรีเยร์ที่ต่อเนื่องทางเวลา	80
3.2.4	การแปลงฟูรีเยร์ของสัญญาณเป็นคาบ	86
3.2.5	คู่การแปลงฟูรีเยร์ที่น่าสนใจ	90
3.3	การแปลงฟูรีเยร์ที่ไม่ต่อเนื่องทางเวลา	90
3.4	การแปลง Z และการแปลง D	96
3.4.1	การแปลง Z	96
3.4.2	การแปลง D	97
3.5	ความสัมพันธ์ระหว่างสัญญาณอินพุตและสัญญาณเอาต์พุต	99
3.6	สรุปท้ายบท	101
3.7	แบบฝึกหัดท้ายบท	101
4	สัญญาณและกระบวนการสุ่ม	105
4.1	บทนำ	105
4.2	ตัวแปรสุ่ม	106
4.2.1	ค่าเฉลี่ยเอนเซมเบิล	113
4.2.2	โมเมนต์	115
4.2.3	ตัวแปรสุ่มหลายตัว	117
4.2.4	ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรสุ่ม	119

4.2.5	ฟังก์ชันความหนาแน่นความน่าจะเป็นแบบเกาส์เซียน	120
4.2.6	ตัวแปรสุ่มวิยุตที่สำคัญ	124
4.3	กระบวนการสุ่ม	126
4.3.1	ค่าเฉลี่ยและฟังก์ชันอัตสหสัมพันธ์	127
4.3.2	สเตชันเนรี	129
4.3.3	อัตสหสัมพันธ์ของกระบวนการสุ่มสเตชันเนรีแบบไวต์เซนส์	130
4.3.4	กระบวนการเออร์กอดิก	134
4.3.5	ความหนาแน่นสเปกตรัมกำลัง	136
4.3.6	ความสัมพันธ์ระหว่างกระบวนการสุ่มและระบบเชิงเส้นที่ไม่แปรเปลี่ยนตาม เวลา	138
4.4	สรุปท้ายบท	141
4.5	แบบฝึกหัดท้ายบท	141
5	หลักการสื่อสารเบื้องต้น	145
5.1	บทนำ	145
5.1.1	ตัวชี้บอกรประสิทธิภาพของระบบสื่อสารดิจิทัล	148
5.1.2	ระบบการส่งสัญญาณแถบความถี่ฐาน	149
5.1.3	ความจุช่องสัญญาณ	153
5.1.4	การกล้ำรหัสพัลส์	153
5.1.5	การกล้ำแอมพลิจูดของพัลส์	162
5.1.6	สัญญาณรบกวน	163
5.1.7	การส่งสัญญาณที่ไม่มีความผิดเพี้ยน	165
5.2	การตรวจหาข้อมูลในสัญญาณรบกวนเกาส์สีขาวแบบบวก	168
5.2.1	วงจรกรองเหมาะสมที่สุด	169
5.2.2	วงจรสหสัมพันธ์	171
5.2.3	กฎการตัดสินใจ	173
5.2.4	การคำนวณหาความน่าจะเป็นของข้อผิดพลาด	176

5.3	การแทรกสอดระหว่างสัญญาณ	185
5.3.1	การตรวจสอบระดับความรุนแรงของ ISI	187
5.3.2	การคำนวณหาค่าระดับความรุนแรงของ ISI	190
5.3.3	ผลกระทบของ ISI ต่ออัตราข้อผิดพลาดบิต	191
5.4	ทฤษฎีบทของไนควิสต์	192
5.4.1	สัญญาณพัลส์ในควิตส์อุดมคติ	194
5.4.2	แบนด์วิดท์ที่น้อยที่สุดทางทฤษฎี	196
5.4.3	สัญญาณพัลส์ RC	198
5.4.4	สัญญาณพัลส์ RRC	200
5.5	ทฤษฎีบทการชักตัวอย่าง	201
5.5.1	กระบวนการชักตัวอย่าง	203
5.5.2	กระบวนการสร้างสัญญาณแอนะล็อกให้กลับคืนมา	203
5.5.3	ความผิดเพี้ยนภาพ	206
5.6	อีควอไลเซอร์	208
5.6.1	อีควอไลเซอร์แบบ zero-forcing	211
5.6.2	อีควอไลเซอร์แบบ DFE	215
5.6.3	อีควอไลเซอร์แบบ MMSE	217
5.6.4	อีควอไลเซอร์แบบปรับตัว	221
5.7	ฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์กับระบบสื่อสารดิจิทัล	230
5.8	สรุปท้ายบท	231
5.9	แบบฝึกหัดท้ายบท	232
6	กระบวนการเขียนและการอ่านข้อมูลในฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์	235
6.1	บทนำ	235
6.2	กระบวนการเขียนข้อมูล	238
6.2.1	วงจรเข้ารหัสแก้ไขข้อผิดพลาด	239
6.2.2	วงจรเข้ารหัสมอดูเลชัน	243

6.2.3	วงจรเข้ารหัสก่อน	245
6.2.4	ความไม่เป็นเชิงเส้นในกระบวนการเขียน	247
6.2.5	การชดเชยก่อนการเขียน	254
6.2.6	วงจรมอดูเลเตอร์	255
6.2.7	คุณสมบัติของสื่อบันทึกที่ดี	258
6.3	กระบวนการอ่านข้อมูล	259
6.3.1	ประเภทของหัวอ่าน	259
6.3.2	ประเภทของการรบกวน	260
6.3.3	แบบจำลองสัญญาณ read-back	262
6.3.4	ความหนาแน่นผู้ใช้	267
6.4	แบบจำลองช่องสัญญาณการบันทึกในระบบแม่เหล็ก	268
6.4.1	แบบจำลองช่องสัญญาณเสมือนจริง	269
6.4.2	แบบจำลองช่องสัญญาณอุดมคติ	272
6.5	การแทรกสอดระหว่างสัญลักษณ์ในสัญญาณ read-back	273
6.6	สถาปัตยกรรมช่องสัญญาณอ่าน	277
6.6.1	วงจรขยายก่อน	277
6.6.2	วงจรคู่ควบไฟฟ้ากระแสสลับ	277
6.6.3	วงจรขยายแบบแปรผันได้	278
6.6.4	วงจรควบคุมอัตราการขยายแบบอัตโนมัติ	279
6.6.5	การตรวจหาและการแก้ไขความขรุขระเชิงความร้อน	279
6.6.6	วงจรจุดต่อผลรวม	282
6.6.7	วงจรการแก้ไขความไม่สมมาตรของแอมพลิจูด	282
6.6.8	วงจรกรองที่ต่อเนื่องทางเวลา	283
6.6.9	วงจรเปลี่ยนสัญญาณแอนะล็อกเป็นสัญญาณดิจิทัล	284
6.6.10	อีควอไลเซอร์	285
6.6.11	วงจรตรวจหาสัญลักษณ์	292

6.6.12	วงจรถรจหาเครื่องหมายเข้าจังหวะ	300
6.6.13	วงจรถอดรหัสมอดูเลชันและวงจรถอดรหัส ECC	301
6.7	สรุปท้ายบท	301
6.8	แบบฝึกหัดท้ายบท	302
ก	ตารางฟังก์ชัน Q	305
ข	สูตรคณิตศาสตร์ที่สำคัญ	309
ข.1	ตรีโกณมิติ (Trigonometric)	309
ข.2	ปริพันธ์ไม่จำกัดเขต (Indefinite Integral)	310
ค	คำศัพท์เทคนิค	311
	บรรณานุกรม	325
	ดรรชนี	333