

การแปลงแผนภาพคลาสและแผนภาพซีควেনซ์ของยูเอ็มแอลเป็นแอ็บสแตรัคแมชชีนบี



นายไวยยะ ศรีจรูณรัตน์

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาวิทยาศาสตร์คอมพิวเตอร์ ภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์

คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ปีการศึกษา 2548

ISBN 974-53-2900-2

ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

TRANSFORMATION OF UML CLASS DIAGRAMS AND SEQUENCE DIAGRAMS INTO B  
ABSTRACT MACHINE

Mr.Waitaya Sricharunrat

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements  
for the Degree of Master of Science Program in Computer Science

Department of Computer Engineering

Faculty of Computer Engineering

Chulalongkorn University

Academic Year 2005

ISBN 974-53-2900-2

**481729**



ไวยยะ ศรีจรุณรัตน์ : การแปลงแผนภาพคลาสและแผนภาพซีควเอนซ์ของยูเอ็มแอลเป็น  
 แอ็บสแตร็คแมชชีนบี (TRANSFORMATION OF UML CLASS DIAGRAMS AND  
 SEQUENCE DIAGRAMS INTO B ABSTRACT MACHINE) อ. ที่ปรึกษา: ผศ. ดร.วิวัฒน์  
 วัฒนาวุฒิ, 324 หน้า. ISBN 974-53-2900-2.

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อนำเสนอกฎการแปลง การออกแบบ และการพัฒนาเครื่องมือ  
 ซอฟต์แวร์ที่ใช้ในการแปลงชุดของแผนภาพคลาสและแผนภาพซีควเอนซ์จำนวนหลายแผนภาพเป็น  
 แอ็บสแตร็คแมชชีนบี โดยกฎการแปลงแผนภาพคลาสและแผนภาพซีควเอนซ์จำนวนหลายแผนภาพ  
 ประกอบด้วยกฎการแปลงทั้งหมด 14 กฎ ทำให้ได้แอ็บสแตร็คแมชชีนบีที่สามารถอธิบายความหมาย  
 ของระบบในเชิงโครงสร้าง และความหมายของระบบในเชิงพฤติกรรม ความหมายของระบบในเชิง  
 โครงสร้างจะอธิบายถึงคลาส และความสัมพันธ์ทั้งหมดระหว่างคลาส ซึ่งความสัมพันธ์ทั้งหมดระหว่าง  
 คลาสจะครอบคลุมถึง ความสัมพันธ์แอสโซซิเอชัน ความสัมพันธ์แอกริเกชัน ความสัมพันธ์  
 คอมโพสิชัน และความสัมพันธ์เจเนอรัลไลเซชัน สำหรับความหมายของระบบในเชิงพฤติกรรมจะ  
 อธิบายถึงโอเปอเรชันทั้งหมดจากการติดต่อกันระหว่างออบเจ็คของคลาสจำนวนหลายเหตุการณ์ที่  
 เกิดขึ้นจากแผนภาพซีควเอนซ์

แอ็บสแตร็คแมชชีนบีที่เป็นผลลัพธ์จากเครื่องมือที่พัฒนานี้ จะได้รับการตรวจสอบความถูก  
 ต้องของวากยสัมพันธ์จากโปรแกรมพิสูจน์บีทูลคิด นอกจากนี้เครื่องมือที่พัฒนาซอฟต์แวร์ที่ใช้ในการ  
 แปลงชุดของแผนภาพคลาสและแผนภาพซีควเอนซ์จำนวนหลายแผนภาพเป็นแอ็บสแตร็คแมชชีนบี มี  
 ความสามารถในการตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูลนำเข้ารูปแบบของเอ็กซ์เอ็มไอ ได้แก่ การ  
 ตรวจสอบความถูกต้องของการระบุชนิดของคุณลักษณะและชนิดค่าที่ส่งคืนของโอเปอเรชัน การ  
 ตรวจสอบจำนวนคลาสและจำนวนออบเจ็คจากแผนภาพยูเอ็มแอล และการตรวจสอบจำนวน  
 โอเปอเรชันของคลาสในแผนภาพคลาสและจำนวนข้อความจากการสื่อสารกันระหว่างออบเจ็คของ  
 คลาสในแผนภาพซีควเอนซ์

ภาควิชา วิศวกรรมคอมพิวเตอร์

สาขาวิชา วิทยาศาสตร์คอมพิวเตอร์

ปีการศึกษา 2548

ลายมือชื่อนิสิต..... ไวยยะ ศรีจรุณรัตน์

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา..... วิวัฒน์

##4670513821: MAJOR COMPUTER SCIENCE

KEYWORD: UML/ CLASS DIAGRAM/ SEQUENCE DIAGRAM/ B ABSTRACT MACHINE

WAITAYA SRICHARUNRAT: TRANSFORMATION OF UML CLASS DIAGRAMS  
AND SEQUENCE DIAGRAMS INTO B ABSTRACT MACHINE. THESIS ADVISOR:  
ASST. PROF. WIWAT VATANAWOOD, PH.D., 324 pp. ISBN 974-53-2900-2.

The purpose of this research is to propose transformation rules, design and development of a tool for transform class diagrams and their related sequence diagrams into B Abstract Machines (BAM). We propose 14 transformation rules of class diagrams and sequence diagrams into BAM. The expected BAMs represent the semantic of structural properties and behavior properties. The semantic of structural properties describe collection of classes and their relations which are association, aggregation, composition and generalization. The semantic of behavioral properties describe a collection of operations from scenarios illustrating the major interactions among related classes as to achieve a specific goal and sequence diagrams.

The result specification in BAM has been syntactically checked by B-Toolkit program. Moreover the software tool for transforming class diagrams and sequence diagrams into BAM can check the correctness of input XMI data. The correctness of attributes type and return type of operations, number of classes versus number of objects from UML diagrams, and number of operations from class diagrams versus number of message from sequence diagrams can be checked.

Department	Computer Engineering	Student's signature..... <i>Tony Sricharunrat</i>
Field of study	Computer Science	Advisor's signature..... <i>Wiwat Vatana Wood</i>
Academic year	2005	

## กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ ด้วยความช่วยเหลืออย่างดียิ่งของผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. วิวัฒน์ วัฒนาวุฒิ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ที่ได้กรุณาสละเวลาให้คำแนะนำ ปรีกษา และเสนอข้อคิดเห็นอันเป็นประโยชน์อย่างยิ่งในงานวิจัยแก่ผู้วิจัยเสมอมา ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณในความกรุณาของท่านอย่างสูง

ขอบพระคุณอาจารย์ ดร.ทรงศักดิ์ รองวิริยะพานิช ภาควิชาวิทยาการคอมพิวเตอร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ศูนย์รังสิต ที่ได้กรุณาสละเวลาให้คำแนะนำ ปรีกษา ตลอดจนเสนอข้อคิดเห็นอันเป็นประโยชน์แก่ผู้วิจัย

ขอบพระคุณประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พรศิริ หมั่นไชยศรี และคณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ธราทิพย์ สุวรรณศาสตร์ อาจารย์ ดร. อาทิตย์ ทองทักษ์ ทุกท่านที่ได้ให้คำแนะนำ และข้อคิดเห็นอันเป็นประโยชน์ รวมทั้งได้เสนอแนะแนวทางในการพัฒนางานวิจัยนี้

ขอบพระคุณคุณชัยรัฐ ชัยนัตว์วรรณ เพื่อนสมัยมัธยมที่ได้กรุณาสละเวลาตรวจสอบเอกสารที่นำเสนอในงานประชุมวิชาการในส่วนของภาษาอังกฤษ รวมทั้งให้ข้อคิดและกำลังใจแก่ผู้วิจัยเสมอมา

ขอบพระคุณคุณไพรัช โกวิทานุกงศ์ ภาควิชาวิทยาการคอมพิวเตอร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ศูนย์รังสิต ที่ได้กรุณาสละเวลาตรวจสอบเอกสารวิทยานิพนธ์ และให้คำแนะนำอันเป็นประโยชน์แก่ผู้วิจัย

ขอบพระคุณเพื่อน ๆ สมาชิก Formal Methods Group ที่ได้ให้คำปรึกษา ข้อคิดเห็น และช่วยตรวจสอบงานวิจัยที่ได้ รวมทั้งเพื่อน ๆ ร่วมรุ่นเป็นอย่างยิ่ง

ท้ายสุดนี้ ผู้วิจัยใคร่กราบขอบพระคุณบิดามารดา ที่ให้การส่งเสริมในด้านการศึกษาอย่างต่อเนื่อง และให้กำลังใจแก่ผู้วิจัยเสมอมา

# สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	จ
กิตติกรรมประกาศ.....	ฉ
สารบัญ.....	ช
สารบัญตาราง.....	ฅ
สารบัญภาพ.....	ญ
บทที่	
1 บทนำ.....	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....	1
1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย.....	1
1.3 ขอบเขตของงานวิจัย.....	2
1.4 วิธีดำเนินการวิจัย.....	2
1.5 ประโยชน์ที่ได้รับ.....	3
2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	4
2.1 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง.....	4
2.1.1 แผนภาพคลาส.....	4
2.1.2 แผนภาพซีคอนซ์.....	9
2.1.3 การจัดกลุ่มโอเปอเรชั่นในแผนภาพคลาสโดยพิจารณาจากการ เรียกของโอเปอเรชั่น.....	10
2.1.4 การสร้างแอบสแตร็คแมชชีนปีจากเทคนิคการจำลองโอเปอเรชั่นที่ เรียกและถูกเรียกระหว่างกันของคลาส.....	13
2.1.5 หลักการของภาษาปี.....	14
2.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	18
3 การแปลงแผนภาพคลาส และแผนภาพซีคอนซ์เป็นแอบสแตร็คแมชชีนปี.....	20
3.1 คลาส และความสัมพันธ์ระหว่างคลาสในแผนภาพคลาสดับกับการแปลง.....	20
3.2 กฎการสร้างแอบสแตร็คแมชชีนปีของคลาส และความสัมพันธ์จากแผนภาพ คลาส.....	22

3.3	โอเปอเรชันคลาสที่แสดงในรูปแบบการรับส่งข้อความระหว่างออบเจ็คของ เหตุการณ์ในระบบจากแผนภาพซีควเอนซ์กับกฎการแปลง.....	74
4	การพัฒนาเครื่องมือซอฟต์แวร์แปลงแผนภาพคลาส และแผนภาพซีควเอนซ์เป็น แอสแบรีคแมชชีนบี.....	118
4.1	ส่วนของการรับข้อมูล.....	118
4.2	ส่วนของการสร้างแอสแบรีคแมชชีนบี.....	132
4.3	ส่วนของการบันทึกข้อมูล.....	134
4.4	สภาพแวดล้อมที่ใช้ในการพัฒนาเครื่องมือซอฟต์แวร์.....	135
5	การทดสอบเครื่องมือ และการสรุปผล.....	136
5.1	ขั้นตอนการติดตั้งโปรแกรม.....	136
5.2	สถานะที่ใช้ในการทดสอบโปรแกรม.....	137
5.3	การใช้โปรแกรม.....	137
5.4	ขีดความสามารถในการตรวจสอบข้อผิดพลาดของโปรแกรม.....	147
5.5	ระบบที่ใช้ทดสอบโปรแกรม.....	167
6	สรุปผลการวิจัย และข้อเสนอแนะ.....	197
6.1	สรุปผลการวิจัย.....	197
6.2	ประโยชน์ของเครื่องมือซอฟต์แวร์แปลงแผนภาพคลาส และแผนภาพซีควเอนซ์ เป็นแอสแบรีคแมชชีนบี.....	198
6.3	ปัญหา และข้อจำกัดที่พบจากงานวิจัย.....	199
6.4	ข้อเสนอแนะ.....	199
	รายการอ้างอิง.....	200
	ภาคผนวก.....	202
	ภาคผนวก ก บทความที่นำเสนอในงานประชุมวิชาการ.....	203
	ภาคผนวก ข แอสแบรีคแมชชีนบีของระบบการยืมคืนหนังสือในห้องสมุด.....	214
	ภาคผนวก ค สถาปัตยกรรมของแอสแบรีคแมชชีนบีของระบบการยืมคืนหนังสือใน ห้องสมุด.....	246
	ภาคผนวก ง แอสแบรีคแมชชีนบีของระบบการฝากและถอนเงินในธนาคาร.....	254
	ภาคผนวก จ สถาปัตยกรรมของแอสแบรีคแมชชีนบีของระบบการฝากและถอนเงินใน ธนาคาร.....	280
	ภาคผนวก ฉ แอสแบรีคแมชชีนบีของระบบการลงทะเบียนของนิติ.....	286
	ภาคผนวก ช สถาปัตยกรรมของแอสแบรีคแมชชีนบีของระบบการลงทะเบียนของนิติ.....	318
	ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์.....	324



## สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
3.1	ตารางแสดงรูปแบบการขึ้นต่อกันของกฎการแปลงทั้ง 14 ข้อ.....	117
5.1	ตารางแสดงการเปรียบเทียบเครื่องหมายของรหัสแอสกีกับเครื่องหมายทางคณิตศาสตร์..	147

## สารบัญภาพ

รูปที่		หน้า
2.1	ส่วนประกอบของแผนภาพคลาส.....	4
2.2	ความสัมพันธ์แอสโซซิเอชันระหว่างคลาส Employee กับคลาส Company.....	6
2.3	บทบาทของความสัมพันธ์แอสโซซิเอชันระหว่างคลาส Employee กับคลาส Company.....	6
2.4	มัลติพลิซิตีระบุจำนวนของออบเจ็คที่มีได้ในคลาสของความสัมพันธ์.....	6
2.5	ตัวอย่างของความสัมพันธ์แอกริเกชัน.....	7
2.6	ตัวอย่างของความสัมพันธ์คอมโพสิชัน.....	7
2.7	ตัวอย่างของความสัมพันธ์เจเนอรัลไลเซชัน.....	8
2.8	แสดงความสัมพันธ์ดิเพนเดนซี.....	8
2.9	ออบเจ็คในแผนภาพซีควเन्ซ์.....	9
2.10	ช่วงชีวิตของออบเจ็คในแผนภาพซีควเन्ซ์.....	9
2.11	ระยะเวลาโอเปอเรชันของออบเจ็คในแผนภาพซีควเन्ซ์.....	9
2.12	ข้อความที่ส่งระหว่างออบเจ็คในแผนภาพซีควเन्ซ์.....	10
2.13	รูปแบบของเหตุการณ์การรับส่งข้อความจากแผนภาพซีควเन्ซ์.....	10
2.14	ตัวอย่างของเหตุการณ์จากแผนภาพซีควเन्ซ์.....	10
2.15	ตัวอย่างของโอเปอเรชันนอนเบซิค และโอเปอเรชันเบซิคจากแผนภาพซีควเन्ซ์.....	11
2.16	ตัวอย่างของเหตุการณ์การสั่งซื้อสินค้าจากร้านค้าจากแผนภาพซีควเन्ซ์.....	12
2.17	โอเปอเรชันที่เรียก และโอเปอเรชันที่ถูกเรียก.....	13
2.18	การจัดโอเปอเรชันทั้งหมดในแผนภาพซีควเन्ซ์ออกเป็นชั้นตามลักษณะของต้นไม้.....	13
2.19	กระบวนการพัฒนาซอฟต์แวร์โดยใช้ข้อกำหนดสรุปนัยของภาษาปี.....	14
2.20	โครงสร้างของแอบสแทร็คแมชชีนปี.....	16
2.21	โครงสร้างของอิมพลิเมนต์เทชันแอบสแทร็คแมชชีนปี.....	18
3.1	คลาส และความสัมพันธ์ในแผนภาพคลาส.....	21
3.2	แผนภาพคลาส ที่ประกอบไปด้วย คลาส A คลาส B และความสัมพันธ์ AB.....	22
3.3	สถาปัตยกรรมแอบสแทร็คแมชชีนปีของคลาส A คลาส B และความสัมพันธ์ AB .....	23
3.4	รูปแบบของคลาสในแผนภาพคลาส .....	23
3.5	ตัวอย่างคลาส Customer.....	24
3.6	รูปแบบคลาสที่ประกอบด้วยชื่อคลาส คุณลักษณะ และชนิดของคุณลักษณะทั้งหมด.....	24
3.7	แอบสแทร็คแมชชีนเบซิคคลาส.....	25
3.8	แอบสแทร็คแมชชีนปี BasicCustomer.....	27

3.9	แอ็บสแตร์คแมชชีนปีคลาส.....	28
3.10	แอ็บสแตร์คแมชชีนปี Customer.....	28
3.11	ไลบรารีแอ็บสแตร์คแมชชีนปีสายอักขระ.....	29
3.12	ไลบรารีแอ็บสแตร์คแมชชีนปีบูลีน.....	29
3.13	แอ็บสแตร์คแมชชีนปีเบสิคคลาสที่มีชนิดของคุณลักษณะเป็นสายอักขระ.....	30
3.14	แอ็บสแตร์คแมชชีนปีเบสิคคลาสที่มีชนิดของคุณลักษณะเป็นบูลีน.....	30
3.15	สถาปัตยกรรมแอ็บสแตร์คแมชชีนปี และไลบรารีแอ็บสแตร์คแมชชีนปี.....	31
3.16	แอ็บสแตร์คแมชชีนปี BasicCustomer ที่มีอนุประโยค SEES ไลบรารีแอ็บสแตร์คแมชชีนปี.....	33
3.17	รูปแบบความสัมพันธ์แบบแอสโซซิเอชัน "AssoName" ระหว่าง Class1 กับ Class2.....	36
3.18	แอ็บสแตร์คแมชชีน Class1 ระบุแอ็บสแตร์คแมชชีนปี AssoAssoName_Class1_Class2 ในอนุประโยค USES.....	36
3.19	แอ็บสแตร์คแมชชีน Class2 ระบุแอ็บสแตร์คแมชชีนปี AssoAssoName_Class1_Class2 ในอนุประโยค USES .....	37
3.20	แอ็บสแตร์คแมชชีนปีของความสัมพันธ์แอสโซซิเอชันระหว่างคลาสทั้ง 2 คลาส.....	37
3.21	ตัวอย่างความสัมพันธ์แอสโซซิเอชันระหว่างคลาส Customer กับคลาส Order.....	40
3.22	แอ็บสแตร์คแมชชีน Customer ระบุถึงแอ็บสแตร์คแมชชีนปี Asso_Customer_Order ใน อนุประโยค USES.....	40
3.23	แอ็บสแตร์คแมชชีน Order ระบุถึงแอ็บสแตร์คแมชชีนปี Asso_Customer_Order ใน อนุประโยค USES.....	40
3.24	แอ็บสแตร์คแมชชีนปีของความสัมพันธ์แอสโซซิเอชันระหว่างคลาส Customer กับคลาส Order.....	41
3.25	รูปแบบความสัมพันธ์แอกริเกชันระหว่างคลาสหลักกับคลาสย่อย.....	41
3.26	แอ็บสแตร์คแมชชีนปี WholeClass.....	42
3.27	แอ็บสแตร์คแมชชีนปี BasicWholeClass.....	42
3.28	แอ็บสแตร์คแมชชีนปี PartClass.....	42
3.29	แอ็บสแตร์คแมชชีนปี BasicPartClass.....	42
3.30	แอ็บสแตร์คแมชชีนปีของความสัมพันธ์แอสโซซิเอชันระหว่างคลาสหลักกับคลาสย่อย.....	43
3.31	ตัวอย่างความสัมพันธ์แอกริเกชันระหว่างคลาส Company กับคลาส Department.....	46
3.32	แอ็บสแตร์คแมชชีนปี Company.....	46
3.33	แอ็บสแตร์คแมชชีนปี BasicCompany.....	47
3.34	แอ็บสแตร์คแมชชีนปี Department.....	47
3.35	แอ็บสแตร์คแมชชีนปี BasicDepartment.....	47

3.36	แอ็บสแตร์คแมชชีนปีของความสัมพันธ์แอกริเกชันระหว่างคลาส Company กับคลาส Department.....	47
3.37	รูปแบบความสัมพันธ์คอมโพสิชันระหว่างคลาสหลักกับคลาสย่อย.....	48
3.38	แอ็บสแตร์คแมชชีนปีของความสัมพันธ์คอมโพสิชันระหว่างคลาสหลักกับคลาสย่อย.....	49
3.39	ตัวอย่างความสัมพันธ์คอมโพสิชันชั้นระหว่างคลาส Invoice กับคลาส InvoiceItem.....	52
3.40	แอ็บสแตร์คแมชชีนปี Invoice.....	52
3.41	แอ็บสแตร์คแมชชีนปี BasicInvoice.....	52
3.42	แอ็บสแตร์คแมชชีนปี InvoiceItem.....	53
3.43	แอ็บสแตร์คแมชชีนปี BasicInvoiceItem.....	53
3.44	แอ็บสแตร์คแมชชีนปีความสัมพันธ์คอมโพสิชันระหว่างคลาส Invoice กับคลาส InvoiceItem.....	53
3.45	รูปแบบความสัมพันธ์แบบเจนเนอรัลไลเซชันของซูเปอร์คลาสและซับคลาสหลาย ๆ คลาส...	54
3.46	แอ็บสแตร์คแมชชีนปี SuperClass.....	55
3.47	แอ็บสแตร์คแมชชีนปี BasicSuperClass.....	55
3.48	แอ็บสแตร์คแมชชีนปี SubClass ทั้งหมด.....	56
3.49	แอ็บสแตร์คแมชชีนปีเบสิคซับคลาสทั้งหมด.....	57
3.50	ตัวอย่างของคลาส Customer ที่ถ่ายทอดคุณลักษณะให้กับคลาส VIP-Customer.....	61
3.51	แอ็บสแตร์คแมชชีนปี Customer ซึ่งเป็นซูเปอร์คลาส.....	61
3.52	แอ็บสแตร์คแมชชีนปี BasicCustomer ซึ่งเป็นซูเปอร์คลาส.....	62
3.53	แอ็บสแตร์คแมชชีนปี VIP-Customer ซึ่งเป็นซับคลาส.....	62
3.54	แอ็บสแตร์คแมชชีนปี BasicVIP-Customer ซึ่งเป็นซับคลาส.....	63
3.55	ความสัมพันธ์แอสโซซิเอชันระหว่างซูเปอร์คลาสกับคลาสอื่น .....	64
3.56	ความสัมพันธ์แอกริเกชันระหว่างซูเปอร์คลาสกับคลาสอื่น โดยมีซูเปอร์คลาสเป็นคลาสหลัก..	64
3.57	ความสัมพันธ์แอกริเกชันระหว่างซูเปอร์คลาสกับคลาสอื่น โดยมีซูเปอร์คลาสเป็นคลาสย่อย...	64
3.58	ความสัมพันธ์คอมโพสิชันระหว่างซูเปอร์คลาสกับคลาสอื่น โดยมีซูเปอร์คลาสเป็นคลาสหลัก.....	64
3.59	ความสัมพันธ์คอมโพสิชันระหว่างซูเปอร์คลาสกับคลาสอื่น โดยมีซูเปอร์คลาสเป็นคลาสย่อย.....	65
3.60	แอ็บสแตร์คแมชชีนปีของความสัมพันธ์แอสโซซิเอชันระหว่างซูเปอร์คลาสกับคลาสอื่น.....	65
3.61	แอ็บสแตร์คแมชชีนปีของความสัมพันธ์แอสโซซิเอชันโดยปริยายระหว่างซับคลาสกับคลาสอื่น.....	66
3.62	แอ็บสแตร์คแมชชีนปีของความสัมพันธ์แอกริเกชันระหว่างซูเปอร์คลาสกับคลาสอื่น.....	66

3.63	แอ็บสแตร็คแมชชีนบีของความสัมพันธ์แอกริกชันโดยปริยายระหว่างซัพคลาสกับคลาสอื่น	67
3.64	แอ็บสแตร็คแมชชีนบีของความสัมพันธ์แอกริกชันระหว่างคลาสอื่นกับซูเปอร์คลาส.....	67
3.65	แอ็บสแตร็คแมชชีนบีของความสัมพันธ์แอกริกชันโดยปริยายระหว่างคลาสอื่นกับซัพคลาส	67
3.66	แอ็บสแตร็คแมชชีนบีของความสัมพันธ์คอมโพสิชันระหว่างซูเปอร์คลาสกับคลาสอื่น.....	68
3.67	แอ็บสแตร็คแมชชีนบีของความสัมพันธ์คอมโพสิชันโดยปริยายระหว่างซัพคลาสกับคลาสอื่น	68
3.68	แอ็บสแตร็คแมชชีนบีของความสัมพันธ์คอมโพสิชันระหว่างคลาสอื่นกับซูเปอร์คลาส.....	68
3.69	แอ็บสแตร็คแมชชีนบีของความสัมพันธ์คอมโพสิชันโดยปริยายระหว่างคลาสอื่นกับซัพคลาส	69
3.70	ตัวอย่างคลาส Customer เป็นซูเปอร์คลาสที่มีความสัมพันธ์แอสโซซิเอชันกับคลาส Order..	72
3.71	แอ็บสแตร็คแมชชีนบีของความสัมพันธ์แอสโซซิเอชันระหว่างคลาส Customer กับคลาส Order.....	73
3.72	แอ็บสแตร็คแมชชีนบีของความสัมพันธ์แอสโซซิเอชันโดยปริยายระหว่างคลาส VIP-Customer กับคลาสOrder.....	73
3.73	แผนภาพคลาสและแผนภาพซีเควนซ์แสดงการรับส่ง OpA() ระหว่าง classX กับ classA.....	74
3.74	รูปแบบแผนภาพคลาสและแผนภาพซีเควนซ์ที่อธิบายในกฎข้อที่ 9.....	76
3.75	ระบุโอเปอเรชัน Basic_OpB2() ในแอ็บสแตร็คแมชชีนบี BasicClassB.....	77
3.76	ระบุโอเปอเรชัน Basic_OpB1() ในแอ็บสแตร็คแมชชีนบี BasicClassC .....	77
3.77	ระบุโอเปอเรชัน OpB1() และ OpB3() ในแอ็บสแตร็คแมชชีนบี ClassB .....	78
3.78	ตัวอย่างแผนภาพคลาสและซีเควนซ์ของเหตุการณ์การสั่งซื้อสินค้าที่อธิบายในกฎข้อที่ 9.....	81
3.79	ระบุโอเปอเรชัน Basic_checkOrder( ) ในแอ็บสแตร็คแมชชีนบี BasicOrder.....	81
3.80	ระบุโอเปอเรชัน getOrder( ) ในแอ็บสแตร็คแมชชีนบี Order.....	82
3.81	รูปแบบแผนภาพคลาสและแผนภาพซีเควนซ์ที่อธิบายในกฎข้อที่ 10.....	83
3.82	ระบุโอเปอเรชัน Basic_OpC1() ในแอ็บสแตร็คแมชชีนบี BasicClassC .....	84
3.83	ระบุโอเปอเรชัน OpB1() ในแอ็บสแตร็คแมชชีนบี ClassB.....	84
3.84	สร้างแอ็บสแตร็คแมชชีนบี IntermediateClassB ทำการระบุโอเปอเรชัน Intermediate_OpB2( ).....	84
3.85	ตัวอย่างแผนภาพคลาสและซีเควนซ์ของเหตุการณ์การสั่งซื้อสินค้าที่อธิบายในกฎข้อที่ 10...	89
3.86	ระบุโอเปอเรชัน Basic_getStock() ในแอ็บสแตร็คแมชชีนบี BasicStock .....	90
3.87	ระบุโอเปอเรชัน getOrder() ในแอ็บสแตร็คแมชชีนบี Order.....	90
3.88	สร้างแอ็บสแตร็คแมชชีนบี IntermediateOrder ทำการระบุโอเปอเรชัน Intermediate_checkOrder( ).....	90
3.89	รูปแบบแผนภาพคลาสและแผนภาพซีเควนซ์ที่อธิบายในกฎข้อที่ 11.....	91

3.90	ระบุโอเปอเรชัน OpSup1() ในแอ็บสแตร็คแมชชีนบี SuperClass.....	92
3.91	ระบุโอเปอเรชัน Basic_OpSup2() ในแอ็บสแตร็คแมชชีนบี BasicSuperClass.....	92
3.92	ระบุโอเปอเรชัน OpSup1() ในแอ็บสแตร็คแมชชีนบี SubClass1 ถึง SubClassN.....	93
3.93	ระบุโอเปอเรชัน Basic_OpSup2() ในแอ็บสแตร็คแมชชีนบี BasicSubClass1 ถึง BasicSubClassN.....	94
3.94	ตัวอย่างแผนภาพคลาสและซีเควนซ์ระบบการสั่งซื้อสินค้า โดยคลาส Goods เป็นชั้นคลาส.	98
3.95	แอ็บสแตร็คแมชชีนบี Goods มีโอเปอเรชัน getOrder() ที่ถูกถ่ายทอดจากซูเปอร์คลาส.....	98
3.96	สร้าง แอ็บสแตร็คแมชชีนบี IntermediateGoods มีโอเปอเรชัน Intermediate_checkOrder() ที่ถ่ายทอดจากซูเปอร์คลาส.....	99
3.97	รูปแบบอิมพลีเมนต์เทชันแอ็บสแตร็คแมชชีนบี Class_imp.....	100
3.98	รูปแบบอิมพลีเมนต์เทชันแอ็บสแตร็คแมชชีนบี IntermediateClass_imp.....	100
3.99	รูปแบบอิมพลีเมนต์เทชันแอ็บสแตร็คแมชชีนบี ClassB_imp.....	102
3.100	รูปแบบอิมพลีเมนต์เทชันแอ็บสแตร็คแมชชีนบี IntermediateClassB_imp.....	103
3.101	รูปแบบอิมพลีเมนต์เทชันแอ็บสแตร็คแมชชีนบี Order_imp.....	106
3.102	รูปแบบอิมพลีเมนต์เทชันแอ็บสแตร็คแมชชีนบี IntermediateOrder_imp.....	106
3.103	รูปแบบอิมพลีเมนต์เทชันแอ็บสแตร็คแมชชีนบี SuperClass_imp.....	107
3.104	รูปแบบอิมพลีเมนต์เทชันแอ็บสแตร็คแมชชีนบี SubClass1_imp จนถึง SubClassN_imp...	108
3.105	รูปแบบอิมพลีเมนต์เทชันแอ็บสแตร็คแมชชีนบี Goods_imp.....	110
3.106	รูปแบบอิมพลีเมนต์เทชันแอ็บสแตร็คแมชชีนบี IntermediateGoods_imp.....	110
3.107	รูปแบบของแผนภาพคลาสและแผนภาพซีเควนซ์ที่อธิบายในกฎข้อที่ 14.....	111
3.108	รูปแบบอิมพลีเมนต์เทชันแอ็บสแตร็คแมชชีนบี ClassB_imp.....	112
3.109	ตัวอย่างแผนภาพคลาสและซีเควนซ์ระบบการสั่งซื้อสินค้าโดยระบุเงื่อนไขของ getStock()..	114
3.110	รูปแบบอิมพลีเมนต์เทชันแอ็บสแตร็คแมชชีนบี Order_imp.....	115
3.111	รูปแบบอิมพลีเมนต์เทชันแอ็บสแตร็คแมชชีนบี IntermediateOrder_imp.....	116
3.112	แผนภาพการขึ้นต่อกันของกฎทั้ง 14 ข้อ.....	116
4.1	เอ็็กซ์เอ็มไอที่ประกอบด้วยชื่อคลาส ชื่อคุณลักษณะ และชนิดของคุณลักษณะทั้งหมด.....	119
4.2	ตัวอย่างคลาส Car.....	119
4.3	ตัวอย่างเอ็็กซ์เอ็มไอของชื่อคลาส ชื่อของคุณลักษณะ และชนิดของคุณลักษณะทั้งหมด.....	120
4.4	เอ็็กซ์เอ็มไอประกอบด้วยชื่อโอเปอเรชัน ชนิดค่าที่ส่งคืน ชื่อและชนิดพารามิเตอร์ของโอเปอเรชัน.....	122
4.5	ตัวอย่างคลาส Car ที่มีโอเปอเรชันทั้งหมด.....	122
4.6	ตัวอย่างเอ็็กซ์เอ็มไอในส่วนของโอเปอเรชันของคลาส.....	123

4.7	เอ็กซ์เอ็มไอของความสัมพันธ์แอสโซซิเอชันแบบทวิภาค.....	124
4.8	ตัวอย่างของความสัมพันธ์แอสโซซิเอชัน Use ระหว่างคลาส Person กับคลาส Car.....	124
4.9	ตัวอย่างเอ็กซ์เอ็มไอของความสัมพันธ์แอสโซซิเอชัน.....	125
4.10	เอ็กซ์เอ็มไอของความสัมพันธ์แอกริเกชัน.....	126
4.11	เอ็กซ์เอ็มไอของความสัมพันธ์คอมโพสิชัน.....	127
4.12	ตัวอย่างของความสัมพันธ์แอกริเกชันระหว่างคลาส Car กับคลาส Wheel.....	127
4.13	ตัวอย่างเอ็กซ์เอ็มไอของความสัมพันธ์แอกริเกชัน.....	128
4.14	เอ็กซ์เอ็มไอของความสัมพันธ์เจเนอรัลไลเซชันระหว่างซูเปอร์คลาสกับซับคลาส.....	129
4.15	ตัวอย่างของความสัมพันธ์ของความสัมพันธ์เจเนอรัลไลเซชันระหว่างซูเปอร์คลาส Person กับซับคลาส Driver.....	129
4.16	ตัวอย่างเอ็กซ์เอ็มไอของความสัมพันธ์เจเนอรัลไลเซชัน.....	130
4.17	เอ็กซ์เอ็มไอที่แสดงการรับส่งข้อความระหว่างออบเจ็คในแผนภาพซีควเอนซ์.....	131
4.18	แผนภาพซีควเอนซ์แสดงเหตุการณ์ตรวจสอบระดับน้ำมันของรถยนต์โดยผู้ใช้.....	131
4.19	ตัวอย่างเอ็กซ์เอ็มไอในเหตุการณ์ของแผนภาพซีควเอนซ์.....	132
4.20	แผนผังการสร้างแอบสแตร็คแมชชีนบี.....	135
5.1	การติดตั้งโปรแกรมcs2b.....	136
5.2	หน้าจอของเครื่องมือ.....	137
5.3	การรับเพิ่มข้อมูลนำเข้าแบบเอ็กซ์เอ็มไอ และการกำหนดตำแหน่งที่บันทึกผลลัพธ์.....	137
5.4	ตัวอย่างของแผนภาพคลาสและแผนภาพซีควเอนซ์ของกรณีศึกษาการสั่งซื้อสินค้าของลูกค้า.....	138
5.5	จำนวนคลาส ออบเจ็ค ความสัมพันธ์ และโอเปอเรชันจากแผนภาพยูเอ็มแอล.....	139
5.6	ข้อความที่แสดงว่าสามารถสร้างแอบสแตร็คแมชชีนบีได้สมบูรณ์.....	139
5.7	แอบสแตร็คแมชชีนบีทั้งหมดของตัวอย่างกรณีศึกษา.....	139
5.8	ล็อกไฟล์ตรวจสอบการทำงานของเครื่องมือกับตัวอย่างกรณีศึกษา.....	140
5.9	ข้อความเพื่อให้ผู้เขียนยืนยันการสิ้นสุดการใช้งานของโปรแกรม.....	147
5.10	แผนภาพคลาสที่ผู้ใช้ไม่ได้ระบุชนิดของคุณลักษณะ.....	148
5.11	ข้อความเตือนที่ไม่ได้ระบุชนิดของคุณลักษณะที่อยู่ของลูกค้า.....	148
5.12	ข้อผิดพลาดที่ไม่ได้ระบุชนิดของคุณลักษณะ.....	149
5.13	ไม่สามารถสร้างแอบสแตร็คแมชชีนบีที่ไม่ได้ระบุชนิดของคุณลักษณะ.....	149
5.14	ข้อผิดพลาดจากการตรวจสอบที่ไม่ได้ระบุชนิดคุณลักษณะ.....	149
5.15	แผนภาพคลาสที่ระบุชนิดคุณลักษณะนอกเหนือไปจากที่กำหนด.....	150
5.16	ข้อความที่ทำการบันทึกเป็นรูปแบบของเพิ่มข้อมูลนำเข้าแบบเอ็กซ์เอ็มไอไม่มีความสมบูรณ์... ..	150
5.17	ข้อผิดพลาดที่ระบุชนิดของคุณลักษณะนอกเหนือจากที่กำหนด.....	151

5.18	ไม่สามารถสร้างแอ็บสแตร็คแมชชีนบีที่ระบุชนิดของคุณลักษณะนอกเหนือจากที่กำหนด.....	151
5.19	ข้อผิดพลาดจากการตรวจสอบที่ระบุชนิดของคุณลักษณะนอกเหนือจากที่กำหนด.....	151
5.20	แผนภาพคลาสที่ไม่ได้ระบุชนิดค่าที่ส่งคืนของโอเปอเรชัน.....	152
5.21	แผนภาพคลาสที่ระบุชนิดค่าที่ส่งคืนของโอเปอเรชันนอกเหนือจากที่กำหนด.....	152
5.22	ข้อผิดพลาดที่ไม่ได้ระบุชนิดค่าที่ส่งคืนของโอเปอเรชัน.....	153
5.23	ข้อความเตือนที่ระบุชนิดค่าที่ส่งคืนของโอเปอเรชันนอกเหนือจากที่กำหนด.....	153
5.24	ไม่สามารถสร้างแอ็บสแตร็คแมชชีนบีที่ไม่ได้ระบุหรือระบุชนิดค่าที่ส่งคืนของโอเปอเรชัน นอกเหนือจากที่กำหนด.....	154
5.25	ข้อผิดพลาดจากการตรวจสอบที่ไม่ได้ระบุชนิดค่าที่ส่งคืนของโอเปอเรชัน.....	154
5.26	ข้อผิดพลาดจากการตรวจสอบที่ระบุชนิดค่าที่ส่งคืนของโอเปอเรชันนอกเหนือจากที่กำหนด.....	154
5.27	แผนภาพซีควเอนซ์ที่ไม่ได้ระบุชนิดค่าที่ส่งคืนของข้อความ.....	155
5.28	แผนภาพซีควเอนซ์ที่ระบุชนิดค่าที่ส่งคืนของข้อความนอกเหนือจากที่กำหนด.....	155
5.29	ข้อผิดพลาดที่ไม่ได้ระบุชนิดค่าที่ส่งคืนของข้อความ.....	156
5.30	ข้อความเตือนที่ระบุชนิดค่าที่ส่งคืนของข้อความนอกเหนือจากที่กำหนด.....	156
5.31	ไม่สามารถสร้างแอ็บสแตร็คแมชชีนบีที่ไม่ได้ระบุหรือระบุชนิดค่าที่ส่งคืนของข้อความ นอกเหนือจากที่กำหนด.....	157
5.32	ข้อผิดพลาดจากการตรวจสอบที่ไม่ได้ระบุชนิดค่าที่ส่งคืนของข้อความ.....	157
5.33	ข้อผิดพลาดจากการตรวจสอบที่ระบุชนิดค่าที่ส่งคืนของข้อความนอกเหนือจากที่กำหนด .....	157
5.34	จำนวนคลาสทั้งหมดในแผนภาพคลาสมากกว่าจำนวนออบเจ็คทั้งหมดในแผนภาพซีควเอนซ์	158
5.35	ข้อความที่ระบุถึงจำนวนคลาสในแผนภาพคลาสและจำนวนออบเจ็คในแผนภาพซีควเอนซ์...	159
5.36	ข้อความเตือนในกรณีที่คลาส Manager จากผู้ใช้ออกแบบเกิน.....	159
5.37	ข้อความสามารถทำการสร้างแอ็บสแตร็คแมชชีนบี.....	159
5.38	ข้อผิดพลาดจากการตรวจสอบจำนวนคลาสมากกว่าจำนวนออบเจ็ค.....	160
5.39	จำนวนออบเจ็คทั้งหมดในแผนภาพซีควเอนซ์มากกว่าจำนวนคลาสทั้งหมดในแผนภาพคลาส	160
5.40	ข้อความเตือนมี Dummy Class ที่ทำการออกแบบจำนวนออบเจ็คมากกว่าจำนวนคลาส....	161
5.41	ข้อผิดพลาดในกรณีที่มีจำนวนออบเจ็คมากกว่าจำนวนคลาส.....	161
5.42	ข้อผิดพลาดในกรณีที่มี Dummy Class ในแผนภาพ.....	161
5.43	ไม่สามารถสร้างแอ็บสแตร็คแมชชีนบีที่จำนวนออบเจ็คมากกว่าจำนวนคลาส.....	162
5.44	ข้อผิดพลาดจากการตรวจสอบที่จำนวนออบเจ็คมากกว่าจำนวนคลาส.....	162
5.45	จำนวนโอเปอเรชันของคลาสมากกว่าจำนวนข้อความของออบเจ็คในแผนภาพซีควเอนซ์.....	163
5.46	ข้อความที่ระบุถึงจำนวนโอเปอเรชันของคลาส และจำนวนข้อความของออบเจ็ค.....	163



5.47	ข้อความเตือนโอเปอเรชั่น checkStock() ของคลาส Stock ที่ผู้ใช้เรียกแบบเกิน.....	164
5.48	ข้อความสามารถสร้างแอ็บสแตร็คแมชชีนบีที่มีจำนวนโอเปอเรชั่นมากกว่าจำนวนข้อความ	164
5.49	ข้อผิดพลาดจากการตรวจสอบที่มีจำนวนโอเปอเรชั่นมากกว่าจำนวนข้อความ.....	164
5.50	จำนวนข้อความของออบเจ็คจากเหตุการณ์มากกว่าจำนวนโอเปอเรชั่นของคลาส.....	165
5.51	ข้อความที่ระบุถึงจำนวนโอเปอเรชั่นของคลาสและจำนวนข้อความของออบเจ็ค.....	166
5.52	ข้อผิดพลาดของข้อความ createOrder() ของออบเจ็ค order ที่ผู้ใช้เรียกแบบเกิน.....	166
5.53	ไม่สามารถสร้างแอ็บสแตร็คแมชชีนบีที่มีจำนวนข้อความมากกว่าจำนวนโอเปอเรชั่น.....	167
5.54	ข้อผิดพลาดจากการตรวจสอบที่มีจำนวนข้อความมากกว่าจำนวนโอเปอเรชั่น.....	167
5.55	แผนภาพคลาสของระบบการยืมคืนหนังสือ.....	172
5.56	แผนภาพที่เควนซ์ของเหตุการณ์การยืมหนังสือ.....	173
5.57	แผนภาพที่เควนซ์ของเหตุการณ์การคืนหนังสือ.....	174
5.58	แผนภาพที่เควนซ์ของเหตุการณ์การจองหนังสือ.....	175
5.59	แผนภาพที่เควนซ์ของเหตุการณ์การยืมหนังสือที่จอง.....	176
5.60	แผนภาพที่เควนซ์ของเหตุการณ์การสั่งซื้อหนังสือ.....	177
5.61	แผนภาพคลาสของระบบการฝากและถอนเงินในธนาคาร.....	183
5.62	แผนภาพที่เควนซ์ของเหตุการณ์การฝากเงิน.....	184
5.63	แผนภาพที่เควนซ์ของเหตุการณ์การถอนเงิน.....	185
5.64	แผนภาพที่เควนซ์ของเหตุการณ์การตรวจสอบยอดเงินคงค้าง.....	186
5.65	แผนภาพที่เควนซ์ของเหตุการณ์การตรวจสอบสถานะทางการเงิน.....	187
5.66	แผนภาพคลาสของระบบการลงทะเบียนของนิสิต.....	193
5.67	แผนภาพที่เควนซ์ของเหตุการณ์การลงทะเบียนแรกเข้า.....	194
5.68	แผนภาพที่เควนซ์ของเหตุการณ์ขั้นตอนการลงทะเบียน.....	195
5.69	แผนภาพที่เควนซ์ของเหตุการณ์การชำระเงินลงทะเบียนผ่านทางธนาคาร.....	196
ค-1	สถาปัตยกรรมแอ็บสแตร็คแมชชีนบีของแผนภาพคลาสในระบบการยืมคืนหนังสือในห้องสมุด.....	246
ค-2	สถาปัตยกรรมแอ็บสแตร็คแมชชีนบีของแผนภาพที่เควนซ์ของเหตุการณ์การยืมหนังสือในระบบการยืมคืนหนังสือในห้องสมุด.....	248
ค-3	สถาปัตยกรรมแอ็บสแตร็คแมชชีนบีของแผนภาพที่เควนซ์ของเหตุการณ์การคืนหนังสือในระบบการยืมคืนหนังสือในห้องสมุด.....	250
ค-4	สถาปัตยกรรมแอ็บสแตร็คแมชชีนบีของแผนภาพที่เควนซ์ของเหตุการณ์การจองหนังสือในระบบการยืมคืนหนังสือในห้องสมุด.....	251

ค-5	สถาปัตยกรรมแอ็บสแตร็คแมชชีนบีของแผนภาพที่ควอนซ์ของเหตุการณ์การยืมหนังสือที่ จองในระบบการยืมคืนหนังสือในห้องสมุด.....	252
ค-6	สถาปัตยกรรมแอ็บสแตร็คแมชชีนบีของแผนภาพที่ควอนซ์ของเหตุการณ์การสั่งซื้อหนังสือใน ระบบการยืมคืนหนังสือในห้องสมุด.....	253
จ-1	สถาปัตยกรรมแอ็บสแตร็คแมชชีนบีของแผนภาพคลาสในระบบการฝากและถอนเงินใน ธนาคาร.....	280
จ-2	สถาปัตยกรรมแอ็บสแตร็คแมชชีนบีของแผนภาพที่ควอนซ์ของเหตุการณ์การฝากเงินใน ระบบการฝากและถอนเงินในธนาคาร.....	282
จ-3	สถาปัตยกรรมแอ็บสแตร็คแมชชีนบีของแผนภาพที่ควอนซ์ของเหตุการณ์การถอนเงินใน ระบบการฝากและถอนเงินในธนาคาร.....	283
จ-4	สถาปัตยกรรมแอ็บสแตร็คแมชชีนบีของแผนภาพที่ควอนซ์ของเหตุการณ์การตรวจสอบ ยอดเงินคงค้างในระบบการฝากและถอนเงินในธนาคาร.....	284
จ-5	สถาปัตยกรรมแอ็บสแตร็คแมชชีนบีของแผนภาพที่ควอนซ์ของเหตุการณ์การตรวจสอบ สถานภาพทางการเงินในระบบการฝากและถอนเงินในธนาคาร.....	285
ช-1	สถาปัตยกรรมแอ็บสแตร็คแมชชีนบีของแผนภาพคลาสในระบบการลงทะเบียนของนิติ.....	318
ช-2	สถาปัตยกรรมแอ็บสแตร็คแมชชีนบีของแผนภาพที่ควอนซ์ของเหตุการณ์การลงทะเบียนแรก เข้าในระบบการลงทะเบียนของนิติ.....	321
ช-3	สถาปัตยกรรมแอ็บสแตร็คแมชชีนบีของแผนภาพที่ควอนซ์ของเหตุการณ์ขั้นตอนการ ลงทะเบียนในระบบการลงทะเบียนของนิติ.....	322
ช-4	สถาปัตยกรรมแอ็บสแตร็คแมชชีนบีของแผนภาพที่ควอนซ์ของเหตุการณ์การชำระเงิน ลงทะเบียนผ่านทางธนาคารในระบบการลงทะเบียนของนิติ.....	323