

รายงานฉบับสมบูรณ์

Final Report

เงินรายได้สถาบันฯ

การศึกษาเกี่ยวกับการออกแบบวงจรชmitt trigger ความเร็วสูงโดยใช้

BiCMOS

Study on the design of high speed Schmitt trigger BiCMOS circuits

รศ.ดร.กอบชัย เดชหาญ

Assoc. Prof. Dr. Kobchai Dejhan

ดร. สิริภพ ตู๊ประกาย

Dr. Siraphop Tooprakai

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

กันยายน พ.ศ. 2551

King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang

September 2008

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รายงานฉบับสมบูรณ์

Final Report

เงินรายได้สถาบันฯ

การศึกษาเกี่ยวกับการออกแบบวงจรมิติทริกเกอร์ความเร็วสูงโดยใช้

BiCMOS

Study on the design of high speed Schmitt trigger BiCMOS circuits

รศ.ดร.กอบชัย เดชหาญ

Assoc. Prof. Dr. Kobchai Dejhan

ดร. สิริภพ ตู้ประกาย

Dr. Siraphop Tooprakai

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

กันยายน พ.ศ. 2551

12595226

King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang

September 2008

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## กิตติกรรมประกาศ

โครงการวิจัยนี้ได้รับทุนอุดหนุนจาก สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง  
ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2551 วงเงินงบประมาณ 149,925 บาท



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทคัดย่อ

โครงการนี้นำเสนอวงจรบุตสเตรปไปซีมอสไดนามิกส์ความเร็วสูง ที่สามารถทำงานได้ที่ศักดาไฟเลี้ยงวงจรต่ำที่ 1.5 โวลท์และสัญญาณเอาต์พุตยังสามารถแกว่งได้เต็มย่านศักดาไฟเลี้ยงวงจร ส่วนข้อสัญญาณใช้เทคโนโลยีไบโพลาร์แบบนอนคอมพลิเมนต์ทวารีกับวงจรซีมอสบุตสเตรป ดังนั้นจึงทำให้วงจรที่นำเสนอสามารถประกอบขึ้นโดยกระบวนการผลิตวงจรรวมไปซีมอสแบบมาตรฐานได้ และวงจรที่นำเสนอยังมีความเร็วในการทำงานสูง ผลการทดสอบสมรรถนะของวงจรทางด้านการหน่วงเวลากระทำโดยการเลียนแบบการทำงานโดยใช้โปรแกรม Pspice



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## Abstract

This project proposes a high-speed bootstrapped BiCMOS dynamic circuit that is capable of full-swing operation from low voltage power supply on 1.5 volt. The driving sections are designed by using the noncomplementary BiCMOS technology. The bipolar pull up driving section is driven by bootstrapped CMOS circuit. Therefore, the proposed circuit can be fabricated on standard BiCMOS technology and this circuit has high-speed operation. The circuit time delay performances are investigated by using PSpice program.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญ

|  | หน้า |
|--|------|
| กิตติกรรมประกาศ.....   | I    |
| บทคัดย่อ.....  | II   |
| บทที่ 1 บทนำ.....  | 1    |
| บทที่ 2 วงจรไบซีมอสไดนามิกส์ชนิด N-type และ P-type.....          | 2    |
| บทที่ 3 วงจรบุตสเตรปไบซีมอสไดนามิกส์ชนิด N-type และ P- type..... | 4    |
| บทที่ 4 ผลการจำลองการทำงาน.....                                  | 7    |
| บทที่ 5 บทสรุป.....  | 12   |
| บทที่ 6 เอกสารอ้างอิง.....                                       | 13   |



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# บทที่ 1

## บทนำ

เทคโนโลยีไอซีมีผลมีการใช้งานกันอย่างกว้างขวาง ในปัจจุบันทั้งในวงจรมหาความจำ และ วงจรรวม (VLSI) ที่ต้องสมรรถนะการทำงานสูงๆ เนื่องจากคุณสมบัติทางด้านความเร็วในการทำงาน ความสามารถในการขับโหลด และสิ้นเปลืองพลังงานน้อย [6] ในการออกแบบวงจรรวมแบบสถิต (Static) จะต้องมีการใช้จำนวนอุปกรณ์มากในการออกแบบลอจิกฟังก์ชัน ดังนั้นจึงทำให้ต้องการพื้นที่ชิพมาก ซึ่งทำให้มีการสิ้นเปลืองพลังงานมากและสมรรถนะในการทำงานลดลง ปัญหาดังกล่าวได้ถูกแก้ไขโดยการใช้เทคนิคของวงจรรวมไดนามิก [1-2] ซึ่งเป็นผลทำให้วงจรมีขนาดเล็กลง ในปัจจุบันการออกแบบวงจรรวมแบบสถิตจะให้ความสำคัญกับความเร็วในการทำงานและการสิ้นเปลืองพลังงานของวงจรมีเป็นหลัก วิธีการลดอัตราการใช้พลังงานของวงจรรวมสามารถทำได้โดยการลดระดับศักดาไฟเลี้ยงของ วงจรรวม [6] ซึ่งผลที่ตามมาเนื่องจากการลดระดับศักดาไฟเลี้ยงจะทำให้ความสามารถในการขับสัญญาณของวงจรรวมลดลง เนื่องจากวงจรรวมไดนามิกที่นำเสนอมานี้ทั้งสองวงจรมี [1-2] ยังไม่สามารถทำงานที่ศักดาไฟเลี้ยงต่ำๆได้อย่างมีประสิทธิภาพ เทคนิคการออกแบบวงจรรวมไดนามิกที่สามารถทำงานที่ศักดาไฟเลี้ยงต่ำๆได้ถูกนำเสนอขึ้น [3-5] ด้วยเทคนิคที่แตกต่างกันไป วงจรรวมไดนามิกจึงถูกปรับปรุงการทำงานด้วยเทคนิคดังกล่าวและถูกนำเสนอโดย [2] ด้วยการใช้เทคนิคแบบคอมพลิเมนต์ทารี [4] และ แบบทรานซิชันแซททูเรชัน [5] จึงทำให้วงจรรวมไดนามิกที่ปรับปรุงสามารถทำงานได้ที่ค่าศักดาไฟเลี้ยง 1.5 โวลต์แต่วงจรรวมไดนามิกดังกล่าวยังไม่สามารถขับโหลดคาแพซิแตนซ์ที่มีค่าสูงๆและที่ศักดาไฟเลี้ยงต่ำๆได้อย่างมีประสิทธิภาพ นอกจากนั้นแล้วสัญญาณเอาต์พุตยังไม่สามารถแกว่งได้เต็มย่านศักดาไฟเลี้ยงวงจรมี เนื่องจากการใช้เทคนิคแบบคอมพลิเมนต์ทารี บทความนี้จะนำเสนอวงจรรวมแบบไดนามิกไอซี โดยออกแบบให้ส่วนขับสัญญาณเอาต์พุตใช้เทคโนโลยีไอซีร่วมกับวงจรรวมแบบสถิตในส่วนตัวขับเอาต์พุตด้านขาขึ้น ทำให้วงจรมีความเร็วในการทำงานดีกว่าวงจรมีแบบเก่า สัญญาณเอาต์พุตแกว่งได้เต็มย่านทุกๆค่าศักดาไฟเลี้ยงและสามารถทำงานที่ศักดาไฟเลี้ยงต่ำ 1.5 โวลต์ได้เป็นอย่างดี

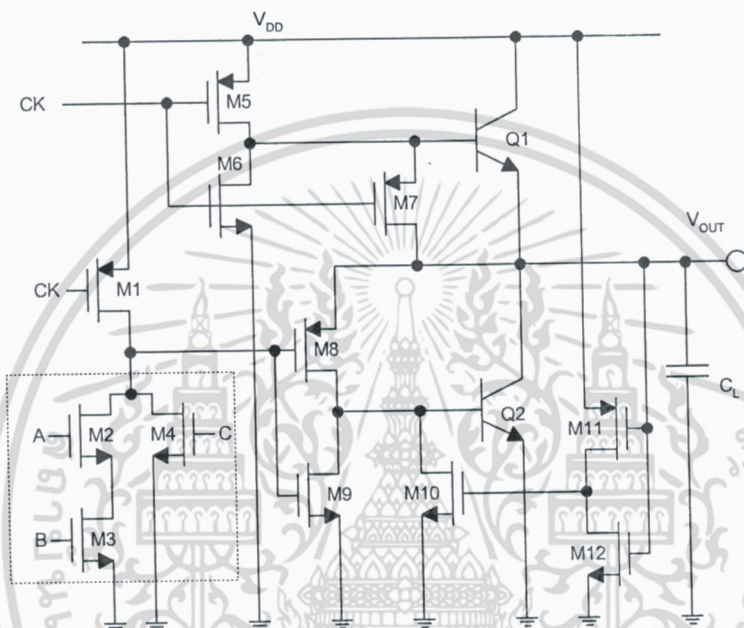
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 2

### วงจรไบซีมอสไดนามิกส์ชนิด N-type และ P-type

#### 2.1 วงจรไบซีมอสไดนามิกส์ชนิด N-type

วงจรไบซีมอสไดนามิกส์ชนิด N-type ที่นำเสนอโดย [2] สามารถแสดงได้ดังรูปที่ 1



รูปที่ 1 วงจรไบซีมอสไดนามิกส์ชนิด N-type [2]

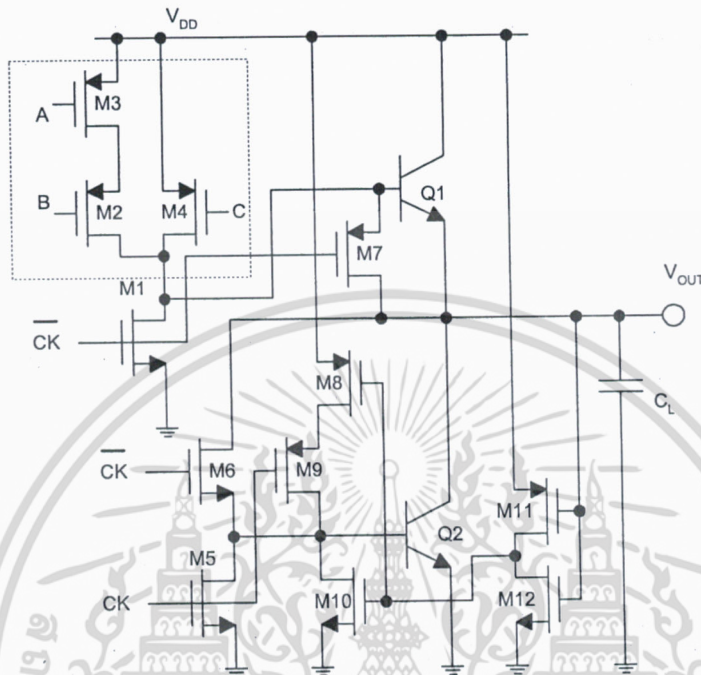
รูปที่ 1 จะเป็นวงจรไบซีมอสไดนามิกส์ชนิด N-type ที่ใช้เทคนิคคล็อกซีคอมพลีเมนต์ทราวีที่ชุดตัวรับขาและสามารถแสดงการทำงานของวงจรได้ดังนี้

ในช่วง Precharge สัญญาณนาฬิกาเป็นค่าเป็น Low และที่ขาเกต M1, M5, M6 และ M7 จะมีค่าเป็น Low ทำให้ M5, M7 และ M9 ทำงานเป็นผลทำให้ Q1 ทำงานประจุโหนดคาแพชิตแตนส์ให้มีค่าเป็น Vdd และ Q2 ไม่ทำงาน ในช่วง Evaluate สัญญาณนาฬิกาจะมีค่าเป็น High และสัญญาณนาฬิกาที่ขาเกต M1, M5, M6 และ M7 มีค่าเป็น High จะทำให้ M6 ทำงานเป็นการคายประจุที่เบสของ Q1 ทำให้ Q1 หยุดทำงานและถ้ามีการเปลี่ยนแปลงสัญญาณที่อินพุต A, B และ C ตรงกับโลจิกที่ออกแบบไว้จะทำให้ M8 และ Q2 ทำงานทำการคายประจุโหนดคาแพชิตแตนส์ เมื่อสัญญาณด้านเอาต์พุตมีค่าต่ำลงจนกระทั่ง M11 ทำงานจะส่งผลให้ M10 ทำงานทำการคายประจุที่เบส Q2 จะทำให้ Q2 หยุดทำงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 2.2 วงจรไบซีมอสไดนามิคส์ชนิด P-type

วงจรไบซีมอสไดนามิคส์ชนิด P-type ที่นำเสนอโดย [2] สามารถแสดงได้ดังรูปที่ 2



รูปที่ 2 วงจรไบซีมอสไดนามิคส์ชนิด P-type [2]

จากรูปที่ 2 จะเป็นวงจรไบซีมอสไดนามิคส์ชนิด P-type ที่ใช้เทคนิคทรานซีสเตอร์เชื่อมกันในส่วนขั้วขาลงและ สามารถแสดงการทำงานของวงจรได้ดังนี้

ในช่วง Precharge สัญญาณนาฬิกาเป็น Low ทำให้ M9 ทำงาน ถ้าสัญญาณเอาต์พุตก่อนหน้านี้เป็น High จะทำให้ Q2 ทำงาน เนื่องจาก M12, M8 และ M9 แต่สัญญาณนาฬิกาที่ขาเกต M1, M6 และ M7 จะมีค่าเป็น High ทำให้ M1 และ M6 ทำงานเป็นการคายประจุโหนดคาแพซิแตนส์ให้มีค่าเป็นศูนย์ไปพร้อมกับ Q2 และ Q1 ไม่ทำงาน เมื่อค่าคักดาเอาต์พุตมีค่าต่ำจนถึงค่าหนึ่งทำให้ M10 และ M11 ทำงานเพื่อแยกขั้วขาลง Q2 ซึ่งเป็นหลักการของทรานซีสเตอร์เชื่อมกัน แต่ M6 และ M10 ยังคงทำงานเพื่อให้คักดาเอาต์พุตมีค่าเป็นศูนย์ ในช่วง Evaluate สัญญาณนาฬิกาเป็น High ทำให้ M9 หยุดทำงานและ M5 ทำงานทำการคายประจุที่เบส Q2 ทำให้ Q2 หยุดทำงาน แต่สัญญาณนาฬิกาที่ขาเกต M1, M6 และ M7 มีค่าเป็น Low จะทำให้ M6 และ M1 หยุดทำงาน ส่วน M7 จะทำงาน ถ้ามีการเปลี่ยนแปลงสัญญาณที่อินพุต A, B และ C ตรงกับโลจิกที่ออกแบบไว้จะทำให้ Q1 ทำงานทำการประจุโหนดคาแพซิแตนส์ให้มีค่าเป็น VDD เมื่อสัญญาณด้านเอาต์พุตมีค่าสูงขึ้นกระทั่ง M12 ทำงานจะส่งผลให้ M8 กลับมาทำงานอีกครั้งหนึ่ง แต่ Q2 จะไม่ทำงานเนื่องจาก M9 หยุดทำงาน

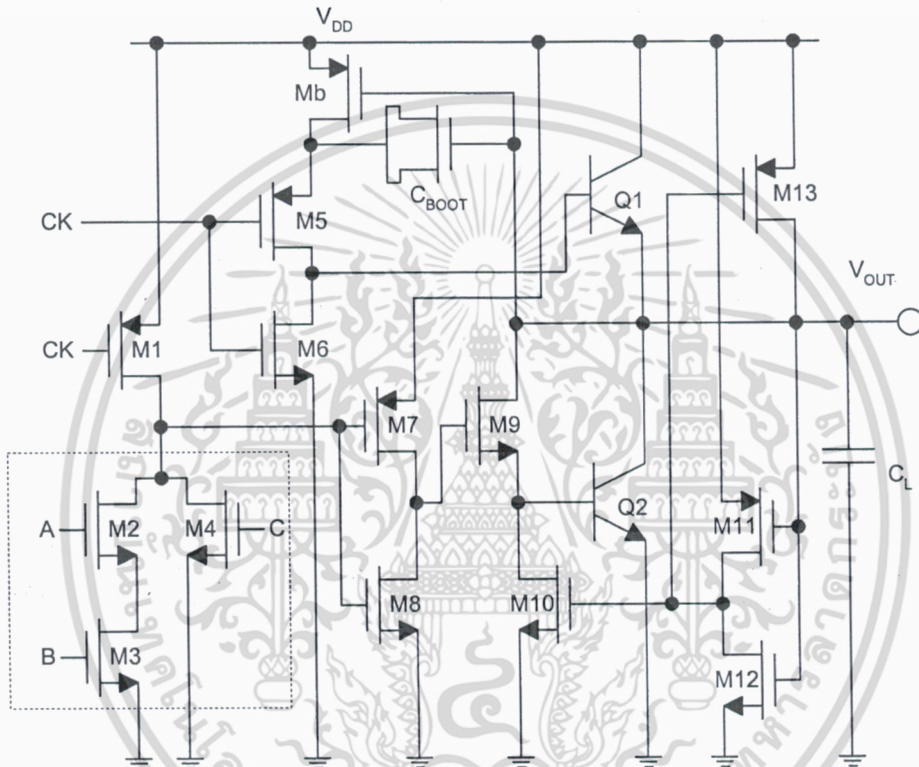
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### บทที่ 3

## วงจรมุขสเตรปไบซีมอสไดนามิกส์ชนิด N-type และ P- type

### 3.1 วงจรมุขสเตรปไบซีมอสไดนามิกส์ชนิด N-type

วงจรมุขสเตรปไบซีมอสไดนามิกส์ชนิด N-type ที่นำเสนอในบทความนี้สามารถแสดงได้ดังรูปที่ 3



รูปที่ 3 วงจรมุขสเตรปไบซีมอสไดนามิกส์ชนิด N-type

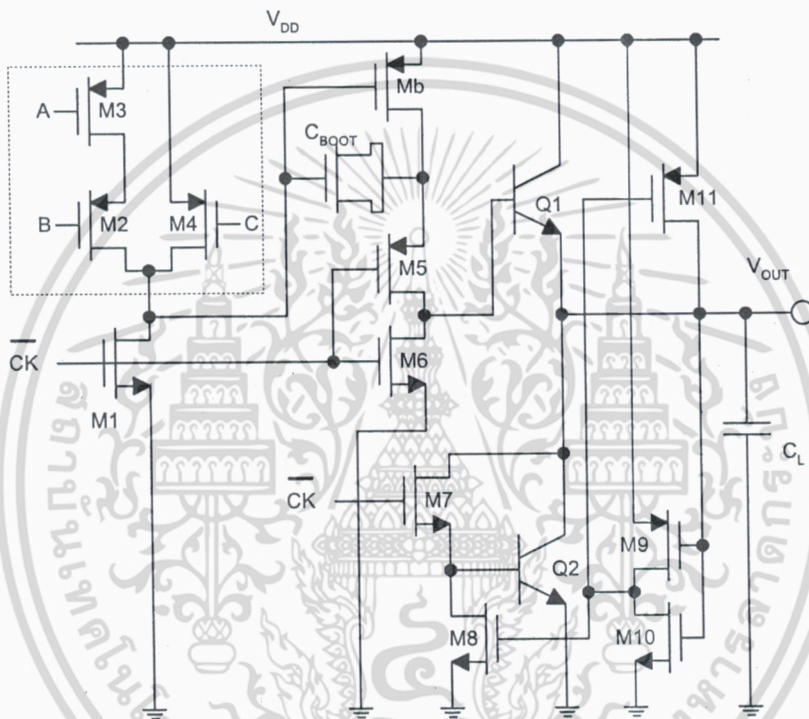
จากรูปที่ 3 จะเป็นวงจรมุขสเตรปไบซีมอสไดนามิกส์ชนิด N-type ที่ใช้เทคนิคการมุขสเตรปที่ตัวขั้วขาขึ้นและสามารถแสดงการทำงานของวงจรได้ดังนี้

ในช่วง Precharge สัญญาณนาฬิกาที่มีค่าเป็น Low สัญญาณนาฬิกาที่ขาเกต M1, M5 และ M6 จะมีค่าเป็น Low ทำให้ M8 ทำงานเป็นผลทำให้ M9 และ Q2 ไม่ทำงาน ส่วน M5 ทำงานทำให้ Q1 ทำงาน ประจุโหนดคาแพซิสแตนท์ให้มีค่าเป็น Vdd โดยที่คัทตาที่เบสของ Q1 จะมีค่าเท่ากับคัทตาเอาต์พุตบวกกับคัทตาที่ C<sub>boot</sub> ในช่วง Evaluate สัญญาณนาฬิกาจะมีค่าเป็น High และสัญญาณนาฬิกาที่ขาเกต M1, M5 และ M6 มีค่าเป็น High จะทำให้ M6 ทำงานเป็นการคายประจุที่เบสของ Q1 ทำให้ Q1 หยุดทำงาน ถ้ามีการเปลี่ยนแปลงสัญญาณที่อินพุต A, B และ C ตรงกับโลจิกที่ออกแบบไว้จะทำให้ M7 และ M9 ทำงานเป็นผลทำให้ Q2 ทำการคายประจุโหนดคาแพซิสแตนท์และทำให้ C<sub>boot</sub> ถูกต่อเข้ากับคัทตาไฟเลี้ยงวงจรและไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทำให้  $C_{boot}$  ทำการประจุโดยมีศักดาเป็น  $V_{DD}$  ผ่าน Mb เมื่อสัญญาณด้านเอาต์พุตมีค่าต่ำจนกระทั่ง M11 ทำงานจะส่งผลให้ M10 ทำงานทำการคายประจุที่เบส Q2 จะทำให้ Q2 หยุดทำงาน ศักดาเอาต์พุตจะยังคงเป็นศูนย์เนื่องจากการทำงานของ M9 และ M10

### 3.2 วงจรบูตสเตรปไบซีมอสไดนามิกส์ชนิด P-type

วงจรบูตสเตรปไบซีมอสไดนามิกส์ชนิด P-type ที่นำเสนอในบทความนี้สามารถแสดงได้ดังรูปที่ 4



รูปที่ 4 วงจรบูตสเตรปไบซีมอสไดนามิกส์ชนิด P-type

จากรูปที่ 4 จะเป็นวงจรบูตสเตรปไบซีมอสไดนามิกส์ชนิด P-type ที่ใช้เทคนิคการบูตสเตรปที่ตัวขั้วขาขึ้นและสามารถแสดงการทำงานของวงจรได้ดังนี้

ในช่วง Precharge สัญญาณนาฬิกาเป็น Low แต่สัญญาณนาฬิกาที่ขาเกต M1, M5, M6 และ M7 จะมีค่าเป็น High ทำให้ M1, M6 และ M7 ทำงานเป็นผลทำให้ Q2 ทำงานทำการคายประจุโหลดคาแพซิแตนส์ให้มีค่าเป็น ศูนย์และ Q1 ไม่ทำงาน เมื่อค่าเอาต์พุตมีค่าต่ำจนถึงค่าหนึ่งทำให้ M8 และ M9 ทำงานเพื่อทำการคายประจุที่เบสของ Q2 ทำให้ Q2 หยุดทำงาน แต่ศักดาเอาต์พุตยังคงเป็นศูนย์เนื่องจากการทำงานของ M7 และ M8 ทำงาน เนื่องจาก M1 ทำงานจึงทำให้  $C_{boot}$  ถูกต่อเข้ากับศักดาไฟเลี้ยงวงจรและทำให้  $C_{boot}$  ทำการประจุโดยมีศักดาเป็น  $V_{DD}$  ผ่าน Mb และ M1 ในช่วง Evaluate สัญญาณนาฬิกาเป็น High แต่สัญญาณนาฬิกาที่ขาเกต M1, M5, M6 และ M7 มีค่าเป็น Low จะทำให้ M5 ทำงาน ส่วน M1, M6, M7 และไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Q2 ไม่ทำงาน และถ้ามีการเปลี่ยนแปลงสัญญาณที่อินพุต A, B และ C ตรงกับโลจิกที่ออกแบบไว้จะทำให้ Q1 ทำงานผ่าน M5 ทำการประจุโหลดคาแพซิสเตนส์ให้มีค่าเป็น Vdd โดยที่คักดาที่เบสของ Q1 จะมีค่าเท่ากับ Vdd บวกกับคักดาที่  $C_{boot}$



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 4

### ผลการจำลองการทำงาน

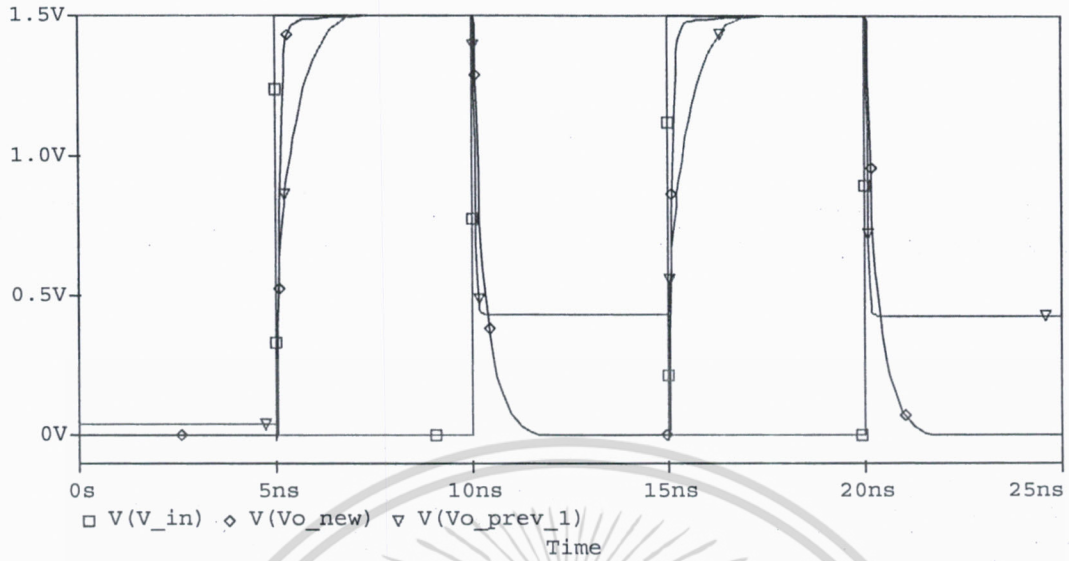
การทดสอบกระทำโดยการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยการหน่วงเวลาที่ได้จากวงจรทั้ง 2 วงจรคือวงจรไบโพลาร์ไดนามิกส์ชนิด N-type และ P-type ที่นำเสนอโดย [2] และวงจรบูตสเตรปไบโพลาร์ไดนามิกส์ที่นำเสนอในบทความนี้ โดยใช้การเลียนแบบการทำงานด้วยโปรแกรม PSpice ซึ่งใช้ซีมอสเทคโนโลยี 0.35  $\mu\text{m}$  ของ MOSIS และค่าคักดาเทรตไฮลด์ของมอสทรานซิสเตอร์มีค่าเท่ากับ 0.5 โวลท์ ส่วนตัวแปรของไบโพลาร์แสดงได้ดังตารางที่ 1

|         |              |              |
|---------|--------------|--------------|
| Bipolar | NPN          | PNP          |
| IS      | 100E-14      | 100E-14      |
| BF      | 89           | 89           |
| CJE     | 23.8E-15F    | 12.4E-15F    |
| CJC     | 16.8E-15F    | 10.6E-15F    |
| RB      | 250 $\Omega$ | 300 $\Omega$ |
| RE      | 25 $\Omega$  | 25 $\Omega$  |
| RC      | 42 $\Omega$  | 42 $\Omega$  |

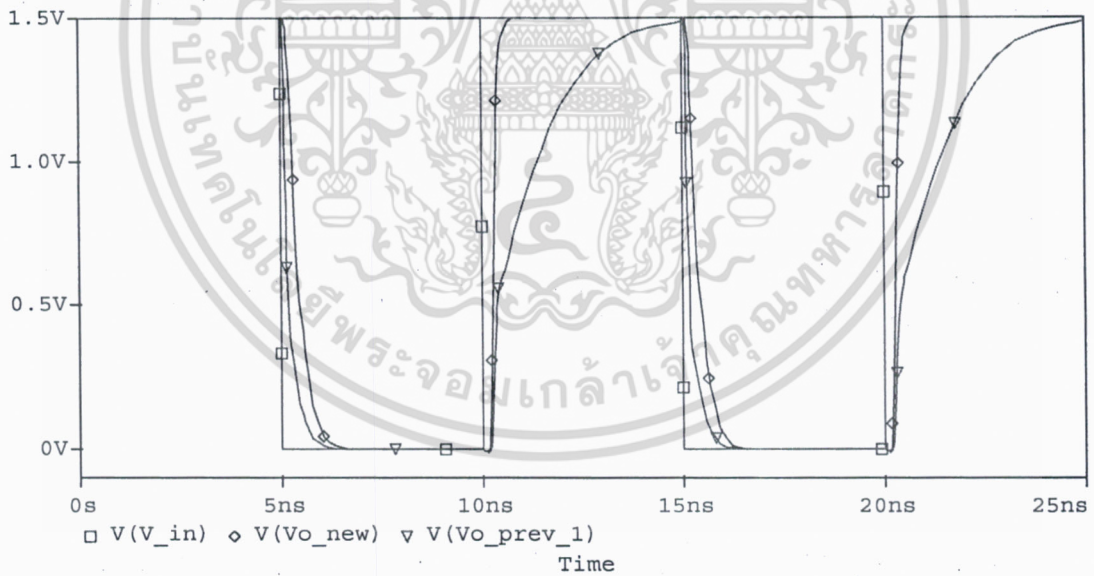
ตารางที่ 1 แสดงค่าตัวแปรของทรานซิสเตอร์ไบโพลาร์

กำหนดให้ค่า W ของเอ็นมอสทรานซิสเตอร์มีค่าเท่ากับ 1.0  $\mu\text{m}$  ทั้งหมดยกเว้นเอ็นมอสสำหรับซัพที่เบสทรานซิสเตอร์มีค่าเท่ากับ 10.0  $\mu\text{m}$  กำหนดให้ค่า W ของพีมอสทรานซิสเตอร์มีค่าเท่ากับ 2.8  $\mu\text{m}$  ทั้งหมดยกเว้นพีมอสทรานซิสเตอร์สำหรับซัพที่เบสมีค่าเท่ากับ 10.0  $\mu\text{m}$  และบูตสเตรปคาแพซิแตนท์ ( $C_{\text{BOOT}}$ ) จะกำหนดให้มีค่าเท่ากับ 200 fF ให้คักดาไฟเลี้ยงวงจรที่ค่า 1.5 โวลท์ และโหลดคาแพซิแตนท์เท่ากับ 1 pF การทดสอบกระทำโดยป้อนสัญญาณนาฬิกาให้กับวงจร สัญญาณเอาต์พุตของวงจรชนิด N-type จะแสดงได้ดังรูปที่ 4 และสัญญาณเอาต์พุตของวงจรชนิด P-type จะแสดงได้ดังรูปที่ 5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4 รูปสัญญาณเอาต์พุตของวงจรไบซีมอสไดนามิคส์ชนิด N-type ทั้งสองวงจร เมื่อคักดาไฟเลี้ยงเท่ากับ 1.5 โวลท์ และโหลดคาแพซิแตนซ์ เท่ากับ 1.0 pF



รูปที่ 5 รูปสัญญาณเอาต์พุตของวงจรไบซีมอสไดนามิคส์ชนิด P-type ทั้งสองวงจร เมื่อคักดาไฟเลี้ยงเท่ากับ 1.5 โวลท์ และโหลดคาแพซิแตนซ์ เท่ากับ 1.0 pF

จากรูปที่ 4 และ 5 จะเห็นได้ว่าสัญญาณเอาต์พุตของ วงจรที่นำเสนอในบทความนี้สามารถทำงานได้เร็วกว่าวงจรแบบเก่าทั้งชนิด N-type และ P-type และในขณะที่คักดาไฟเลี้ยง 1.5 โวลท์ สัญญาณเอาต์พุตของวงจรที่นำเสนอโดย [2] ไม่สามารถแกว่งได้เต็มย่านทั้งสองวงจร โดยชนิด N-type ไม่สามารถเอ็กสาร์ทเป็นเอ็กสาร์ทที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นับญาติเห็นว่าไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แกว่งมาที่ศูนย์โวลต์ได้ ส่วนการหน่วงเวลาสัญญาณเอาต์พุตของวงจรถี้นำเสนอด้านขาขึ้นจะพบว่ามี ความเร็วในการทำงานมากกว่าวงจบบวก [2] ถ้าให้สมการประจุโหลดคาแพซิสแทนท์เป็น

$$I_c = C \, dV/dt \quad (1)$$

$I_c$  = กระแสที่ใช้ในการประจุโหลดคาแพซิสแทนท์

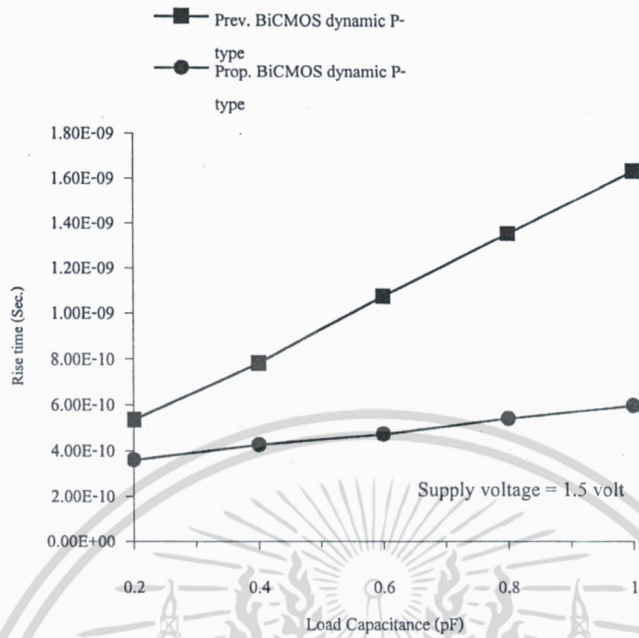
$C$  = โหลดคาแพซิสแทนท์

$dV/dt$  = อัตราการเปลี่ยนแปลงศักดาเอาต์พุตต่อเวลา

จากสมการที่ (1) เมื่อ  $C$  เป็นค่าคงที่ จะพบว่าที่ค่าอัตราการเปลี่ยนแปลงของเวลาเท่ากัน ( $dt$ ) อัตราการเปลี่ยนแปลงของศักดาเอาต์พุตของวงจรถี้นำเสนอจะมีการเปลี่ยนแปลงมากที่สุด แสดงว่าที่ ค่าโหลดคาแพซิสแทนท์เท่ากัน ค่าการหน่วงเวลาของวงจรถี้นำเสนอจะมีค่าน้อยที่สุด จากนั้นจะทำการ เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยการหน่วงเวลาของสัญญาณเอาต์พุตในช่วงขาขึ้นและขาลงของวงจรถี้นำเสนอไดนา มิคส์ P-type ที่นำเสนอบทความนี้ กับวงจรถี้นำเสนอโดย [2] โดยการปรับโหลดคาแพซิสแทนท์ จาก 0.2 - 1.0 pF ที่ศักดาไฟเลี้ยงวงจรถี้นำเสนอเท่ากับ 1.5 โวลต์ ส่วนวงจรถี้นำเสนอไดนามิคส์ชนิด N-type จะไม่ทำการ เปรียบเทียบเนื่องจากวงจรถี้นำเสนอไดนามิคส์ชนิด N-type แบบเก่าไม่สามารถแกว่งได้ถึงศูนย์เป็นผล มาจากศักดาเทรตโวลต์ของพีมอสที่ใช้ขับไปที่เบสของตัวขับขาลงและวงจรถี้นำเสนอยังไม่สามารถทำงานได้เมื่อ โหลดคาแพซิสแทนท์เพิ่มขึ้น ค่าการหน่วงเวลาของวงจรถี้นำเสนอไดนามิคส์ชนิด P-type สามารถเขียนกราฟ แสดงการเปรียบเทียบได้ดังรูปที่ 6

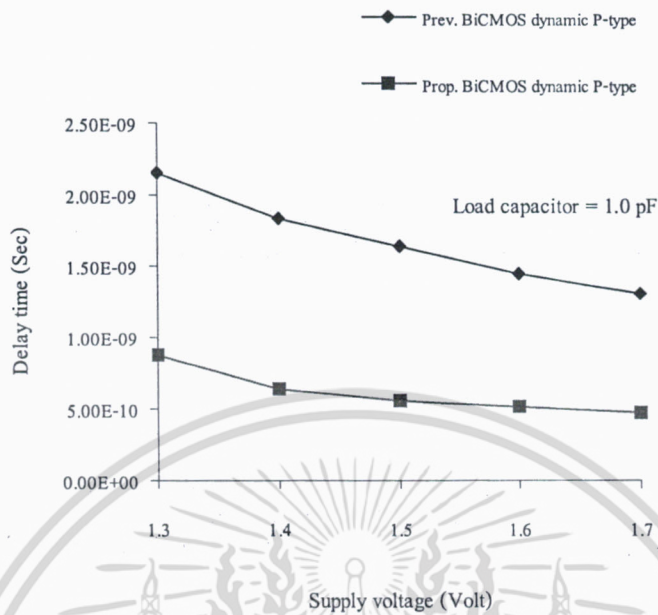
จากรูปที่ 6 จะพบว่าวงจรถี้นำเสนอไดนามิคส์ชนิด P-type ที่นำเสนอมีค่าเฉลี่ยการหน่วงเวลา ของสัญญาณเอาต์พุตน้อยกว่าวงจบบวกและยังแสดงให้เห็นว่า เมื่อค่าโหลดคาแพซิสแทนท์มีค่าเพิ่มขึ้น ทำให้ค่าเฉลี่ยการหน่วงเวลาสัญญาณเอาต์พุตของวงจบบวกมีค่าเพิ่มมากขึ้น เนื่องจากความสามารถ ในการประจุโหลดคาแพซิสแทนท์มีค่าลดลง แต่วงจรถี้นำเสนอยังคงสามารถทำงานได้เร็วกว่าวงจบบวก ซึ่งเป็นผลจากการใช้ตัวขับไบโพลาร์ร่วมกับวงจรถีนำเสนอบวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 6 ค่าเฉลี่ยการหน่วงเวลาของวงจรไบซีมอสไดนามิกส์ชนิด P-type เมื่อคักดาไฟเลี้ยงเท่ากับ 1.5 โวลท์

จากนั้นทำการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยการหน่วงเวลาสัญญาณเอาต์พุตของวงจรไบซีมอสไดนามิกส์ชนิด P-type โดยการปรับเปลี่ยนคักดาไฟเลี้ยงวงจรจาก 1.4 – 1.7 โวลท์ เมื่อโหลดคาแพซิแตนซ์คงที่เท่ากับ 1.0 pF ผลที่ได้สามารถเขียนกราฟแสดงการเปรียบเทียบได้ดังรูปที่ 7



รูปที่ 7 ค่าเฉลี่ยการหน่วงเวลา เมื่อโหลดคาแพซิเตอร์ เท่ากับ 1.0 pF และทำการปรับเปลี่ยนศักดาไฟเลี้ยงวงจร

จากรูปที่ 7 จะแสดงให้เห็นว่าค่าศักดาไฟเลี้ยงของ วงจรจะมีผลต่อค่าเฉลี่ยการหน่วงเวลาของวงจร ซึ่งจะมีค่ามากขึ้นเมื่อศักดาไฟเลี้ยงวงจรลดลง เนื่องจากอัตราการประจุโหลดคาแพซิเตอร์ที่มีค่าลดลง แต่วงจรที่นำเสนอยังสามารถทำงานได้เร็วกว่าวงจรแบบเก่า

## บทที่ 5 บทสรุป

วงจรบุตสเตรปไบซีมอสไดนามิกส์ที่นำเสนอในบทความนี้ มีข้อดีที่สามารถทำงานได้เร็วกว่าวงจรไบซีมอสแบบเก่าทั้งสองวงจร สามารถทำงานได้ดีที่ค่าศักดาไฟเลี้ยงวงจรต่ำๆและที่โหลดคาแพซิแทนที่มีค่าสูงๆได้อย่างมีประสิทธิภาพ นอกจากนี้แล้วสัญญาณเอาต์พุตของวงจรที่นำเสนอทั้งสองวงจรมีความถี่ยังสามารรถแกว่งได้เต็มย่านตลอดย่านศักดาไฟเลี้ยง ผลจากการจำลองการทำงานของวงจรสามารถยืนยันการทำงานของวงจรที่นำเสนอได้เป็นอย่างดี



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 6  
เอกสารอ้างอิง

- [1] J. B. Kuo, H. J. Liao and H. P. Chen, "A BiCMOS dynamic carry lookahead adder circuit for VLSI implementation of high-speed arithmetic unit," IEEE J. Solid-State Circuits, Vol.28, pp.375-378, Mar 1993.
- [2] M. Ismail and S. S. Lee, "1.5 V Full-Swing BiCMOS Dynamic Logic Circuits," IEEE Trans. Circuit Syst. I, Vol.43, No.9, pp.760-768, September 1996.
- [3] R. Y. V. Chik and C. A. T. Salama , "Design of a 1.5 V Full-Swing Bootstrapped BiCMOS Logic Circuit," IEEE J. Solid-State Circuits, Vol.30, No.9, pp.972-978, September 1995.
- [4] K. Yno et. al., "Quasicomplementary BiCMOS for sub-3-V digital Circuit," IEEE J. Solid-State Circuits, Vol.26, pp.1708-1719, November 1991.
- [5] M. Hiraki et. al., "A 1.5-V full-swing BiCMOS logic Circuit," IEEE J. Solid-State Circuits, Vol.27, No.11, pp.1568-1574, November 1992.
- [6] S. M. Kang and Y. Leblebici, "CMOS Digital Integrated Circuits," McGraw-Hill, Second Edition, 1999.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้