

Embedded Systems Programming on STM32 MCU

การโปรแกรมระบบสมองกลฝังตัวบน

ไมโครคอนโทรลเลอร์ STM32

ครั้งที่ 1 : สัญญาณและตรรก

สัญญาณและตรรก

- สัญญาณแอนะล็อก .vs. ดิจิทัล

- การกำหนดลอจิก 0 และ 1 ด้วยแรงดัน .vs. กระแส

- ย่านของแรงดันสำหรับลอจิก 0 และ 1 (TTL & CMOS logic)

คุณสมบัติที่น่าสนใจสำหรับอุปกรณ์ที่รับ/ให้สัญญาณ

- อิมพีแดนซ์ และรีซิสแทนซ์

- push-pull, open-collector, open-drain, tri-state logic

- sinking / sourcing current and pull-up, pull-down

ลักษณะพื้นฐานของพอร์ตเอนกประสงค์ของ STM-32



Asst.Prof. Thanwa SRIPRAMONG
PRESENTER

TODAY TOPIC IS

Signal and Logic

สัญญาณแอนะล็อก (Analog signal)

🌿 ค่าระดับสัญญาณมีลักษณะต่อเนื่อง

🌿 กำเนิดจากวงจรแอนะล็อก (สร้างสัญญาณออกมาต่อเนื่อง)

💧 ตรงกันข้ามกับสัญญาณแบบดิสครีต (discrete)

🌿 วงจรอ่านค่าสัญญาณจะต้องออกแบบมาเพื่อให้สามารถรองรับพิสัยของสัญญาณ (range)

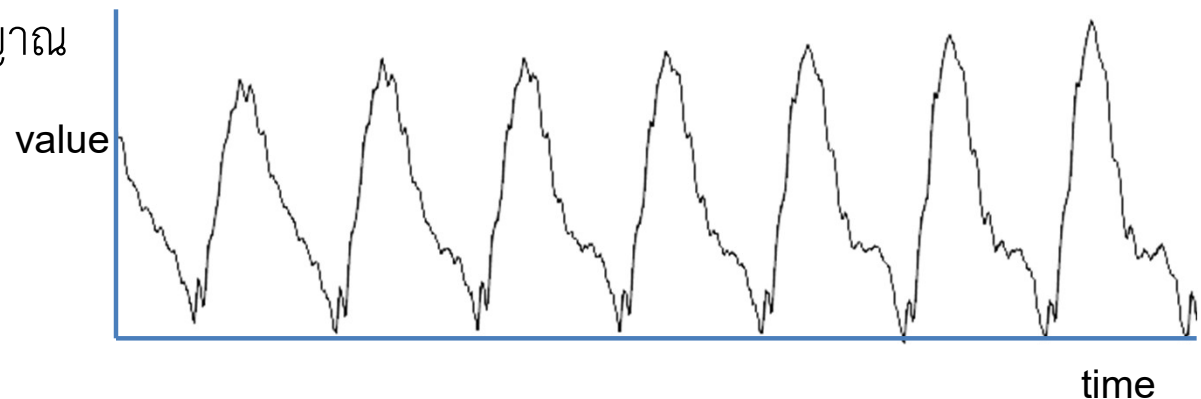
💧 เพื่อไม่ให้เกิดการตัด (clip) ของสัญญาณ

🌿 ค่าที่อ่านได้อาจอยู่ในหน่วยดังเช่น

💧 ความต่างศักย์ (voltage)

💧 กระแส (current)

💧 กำลัง (power)



🌈 นั้นหมายความว่า วงจรที่ใช้อ่านค่าสัญญาณจะต้องถูกออกแบบมาเพื่อให้เหมาะสมกับงาน



Asst.Prof. Thanwa SRIPRAMONG
PRESENTER

TODAY TOPIC IS

Signal and Logic

สัญญาณดิจิทัล (Digital signal)

🌱 ดิจิทัล (digital) เชิงตัวเลข digit -> ตัวเลข

🌱 ค่าระดับสัญญาณมีลักษณะไม่ต่อเนื่อง

💡 สามารถนับจำนวนระดับสัญญาณที่เปลี่ยนไปได้

💡 หากมีแค่สองระดับ เราจะเรียกว่าสัญญาณไบนารี (binary signal) หรือสัญญาณตรรก (logic signal)

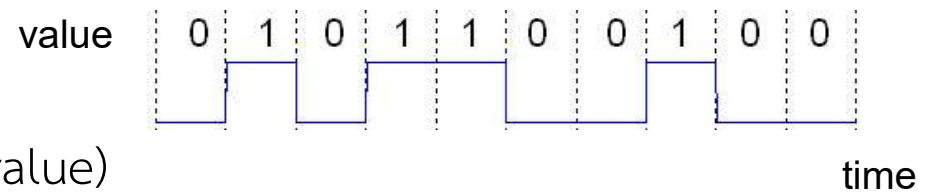
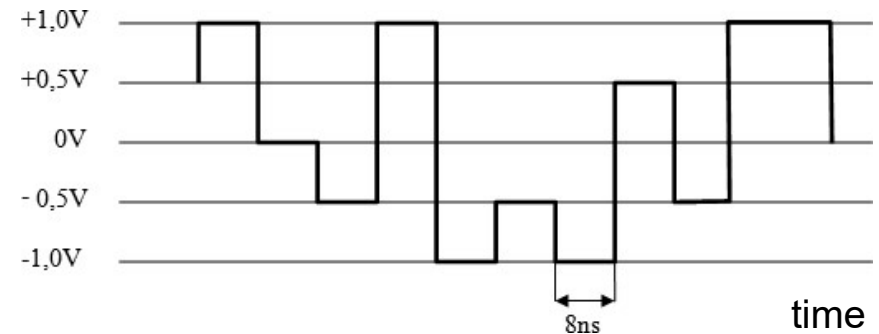
🌱 อาจกำเนิดจากวงจรแอนะล็อก หรือวงจรดิจิทัล

💡 สัญญาณที่ถูกสร้างขึ้นเปลี่ยนไปตามคาบเวลา เรียกสัญญาณแบบนี้ว่าสัญญาณดิสครีต (discrete)

🌈 ซึ่งจะกล่าวต่อไปในการอบรมหัวข้อที่ 5

🌱 ค่าที่อ่านได้ในแต่ละคาบเวลา

💡 สามารถนำเสนอได้ด้วยเลขจำนวนเต็ม (integer value)

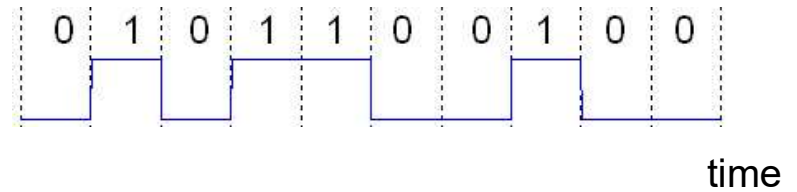


Asst.Prof. Thanwa SRIPRAMONG
PRESENTER

TODAY TOPIC IS

Signal and Logic

สัญญาณตรรก (logic signal)



🌿 สัญญาณเชิงตรรกสามารถนำเสนอได้ในหลายรูปแบบ

💡 ระดับแรงดันของสัญญาณ $VCC=1$ $GROUND=0$

💡 กระแส มีกระแสไหลเข้า/ออก = 1 ไม่มีกระแสไหลเข้า/ออก = 0

🎨 หรืออาจจะนำเสนอตรงกันข้าม มีกระแส = 0 ไม่มีกระแส = 1

🌿 สำหรับระบบที่ออกแบบมาเพื่อความทนทานสูง อาจใช้สายสัญญาณสองเส้นเพื่อนำเสนอสัญญาณ

💡 ระดับสัญญาณที่ส่งออก มักจะใช้ค่าตรงกันข้ามกัน เช่น 1 = VCC (สายเส้น 1) 1 = GND (สายเส้น 2)

🌿 ระดับสัญญาณเชิงตรรกที่นิยมใช้ในปัจจุบัน

💡 5 Volt พบได้ในวงจรลอจิกพื้นฐานทั่วไป และ MCU

💡 3.3 Volt พบได้ในวงจรลอจิกพื้นฐานทั่วไป และ MCU สมัยใหม่

💡 ต่ำกว่า 1.5 Volt พบได้ในวงจรลอจิกที่ต้องการความเร็ว และใช้พลังงานต่ำลง พบได้ในคอมพิวเตอร์ปัจจุบัน

💡 ค่าอื่นๆ เช่น 9 Volt 15 Volt หรืออื่นๆ ขึ้นอยู่กับประเภทของบัสรับส่งข้อมูลหรือวงจรที่ออกแบบมาเป็นการเฉพาะ



Asst.Prof. Thanwa SRIPRAMONG
PRESENTER

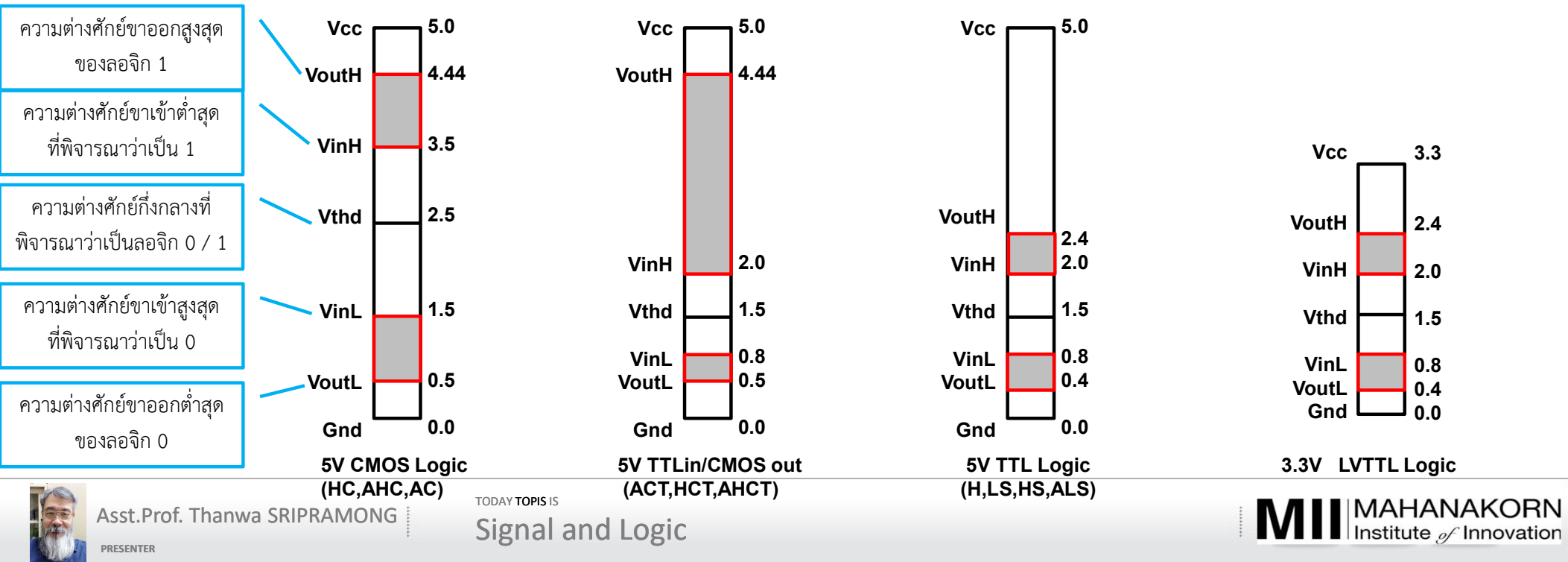
TODAY TOPIC IS

Signal and Logic

ระดับสัญญาณเชิงตรรก (logic signal)

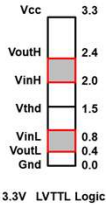
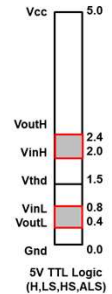
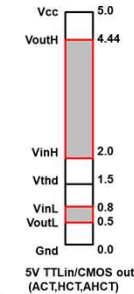
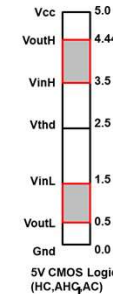
วงจรลอจิกจะต้องออกแบบมาเพื่อให้สามารถให้ระดับสัญญาณขาออก หรือรับสัญญาณขาเข้า ภายในพิสัยที่กำหนด

เพื่อค่าความต้านทาน/อิมพีแดนซ์ ของวงจรส่ง/รับสัญญาณ และโหลดของวงจร



ระดับสัญญาณเชิงตรรก (logic signal)

CMOS (Complementary metal-oxide-semiconductor)



สังเกตว่าลอจิก 1 ของวงจรประเภท CMOS มีค่าระดับสัญญาณที่สูงกว่า TTL

การต่อวงจรลอจิกผสมกันระหว่าง CMOS กับ TTL อาจเกิดปัญหา

วงจร TTL รองรับกระแสขาออกที่สูงกว่า CMOS การต่อ CMOS output -> TTL input หลายๆ ตัวไม่ได้มากนัก

CMOS out ไปยัง TTL in อาจทำได้ (แต่ไม่ค่อยเหมาะสมนัก)

TTL out ไปยัง CMOS in จะเกิดปัญหาเนื่องจากระดับลอจิก 1 ของ CMOS สูงกว่ามาก

หากต้องต่อวงจรผสมผสานระหว่าง CMOS กับ TTL อาจเลือกไอซีรุ่น ACT, HCT, AHCT

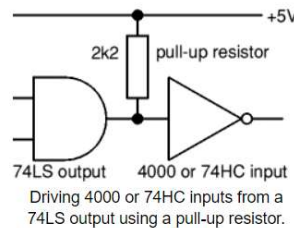
ใช้วงจรปรับระดับสัญญาณ เช่น ใช้ resistor ขนาด 2.2k เพื่อ pull-up ระหว่าง LS กับ HC เป็นต้น

การต่อวงจร 5V TTL กับ 3.3V TTL อาจทำได้โดยตรง แต่ต้องระวัง

วงจรฝั่ง 3.3V TTL อาจใช้เป็น output เพื่อป้อนให้ 5V TTL ได้โดยไม่มีปัญหา

วงจรฝั่ง 5V หากป้อนให้ทาง 3.3V TTL มีปัญหาเพราะวงจร 5V จะส่งลอจิก 1 ที่เกินกว่าระดับแรงดัน 3.3V

อาจใช้ 74ALS245 หรือใช้วงจรที่ออกแบบมาเฉพาะเพื่อปรับระดับสัญญาณระหว่าง 5V กับ 3.3V

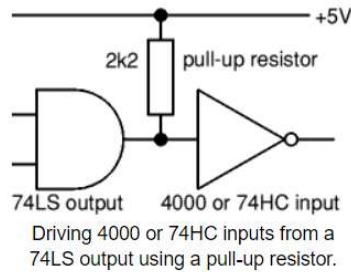
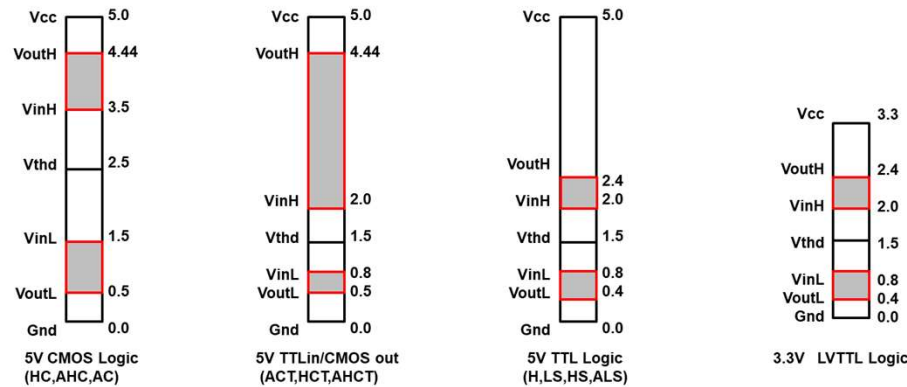


Asst.Prof. Thanwa SRIPRAMONG
PRESENTER

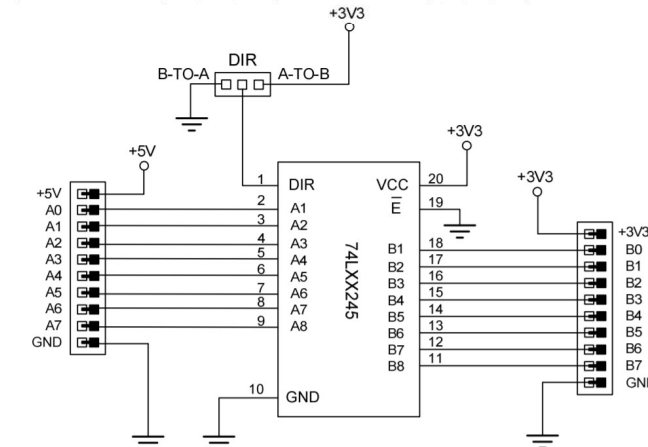
TODAY TOPIC IS

Signal and Logic

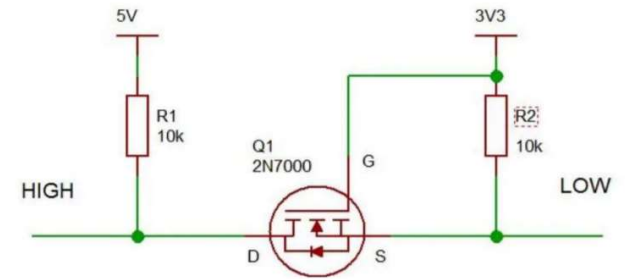
ระดับสัญญาณเชิงตรรก (logic signal)



การยกระดับสัญญาณขาออก
จาก TTL ไปยัง CMOS level
ด้วย R pull-up



การลดระดับสัญญาณขาออกจาก TTL 5V ไปยัง



การปรับระดับสัญญาณ TTL 5V กับ LVTTL (3.3V)
ด้วย NMOS (bi-directional)




Asst.Prof. Thanwa SRIPRAMONG
PRESENTER


TODAY TOPIC
LVTTL (3.3V) ด้วย 74ALS245
Signal and Logic

คุณสมบัติต่างๆ ของวงจรขาเข้า (input) และขาออก (output)

ความต้านทานของวงจร


 Resistance ค่าความต้านทานวงจร (DC ที่กระแสไหลคงที่)


$$\text{🌈} R = \frac{V}{I}$$

 Impedance ค่าความต้านทานวงจร (AC ที่มีความแปรผันของ V และ I)

$$\text{🌈} Z = R + jX \quad (X = \text{reactance})$$


$$\text{🌈} Z = \sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2}$$

 วงจรลอจิกโดยทั่วไป จะมีค่าความต้านทานฝั่งขาเข้าที่สูง แต่ฝั่งขาออกจะมีค่าต่ำ

 การที่มีค่าความต้านทานฝั่งขาเข้าที่สูง ทำให้สามารถต่อวงจรขาเข้าหลายๆ ตัวร่วมกันเข้ากับวงจรขาออกของลอจิกได้

 ทั้งนี้ วงจรลอจิกแบบ CMOS โดยทั่วไปจะจ่ายกระแสฝั่งขาออกได้ต่ำกว่าแบบ TTL ดังนั้นการต่อแบบ CMOS->TTL จะทำได้จำกัด

 หากโหลดที่ต่อกับวงจรขาออกมีค่าสูง จะทำให้มีกระแสไหลเข้าหรือออกมาก

 โดยทั่วไปจะส่งผลให้ค่าความต่างศักย์ขาออกมีค่าต่ำกว่าปกติสำหรับลอจิก 1 (V_{outH} ลดลง) หรือค่าสูงขึ้นสำหรับลอจิก 0 (V_{outL} สูงขึ้น) **แต่อาจทำให้วงจรเสียหายได้หากกระแสสูงเกินไป**



Asst.Prof. Thanwa SRIPRAMONG

PRESENTER

TODAY TOPIC IS

Signal and Logic

คุณสมบัติต่างๆ ของวงจรขาออก : Tri-state

🌿 วงจรรวมและชิปหลายตัวมีการออกแบบให้ขาออกมีลักษณะเป็น Tri-state

💧 State ปกติของลอจิกคือ 0 และ 1

💧 State ที่สาม : high impedance (HI-Z \approx open circuit)

🌈 floating (ปล่อยขาลอย) ไม่มีการเชื่อมต่อวงจร

💧 วงจรรวมหลายตัวมี CE (chip-enable) ซึ่งอาจจะถูกออกแบบให้เป็นการต่อวงจรเมื่อ CE เป็น 1

💧 หรือเป็น \overline{CE} จะเป็นการต่อวงจรขาออก (ให้ลอจิก 0 หรือ 1) เมื่อ CE เป็น 0

🌿 ถูกนำไปใช้ในงานที่ต้องการส่งสัญญาณขาออกจากหลายๆ แหล่งไปยังขาเข้าแหล่งเดียว

💧 ตัวอย่างเช่น วงจรหน่วยความจำ และวงจรที่ใช้ขับบัสดต่างๆ



Asst.Prof. Thanwa SRIPRAMONG
PRESENTER

TODAY TOPIC IS

Signal and Logic

คุณสมบัติต่างๆ ของวงจรขาออก : Push-Pull

🌿 วงจรลอจิกส่วนมากจะถูกออกแบบในลักษณะใดลักษณะหนึ่งคือ

💧 Push-pull

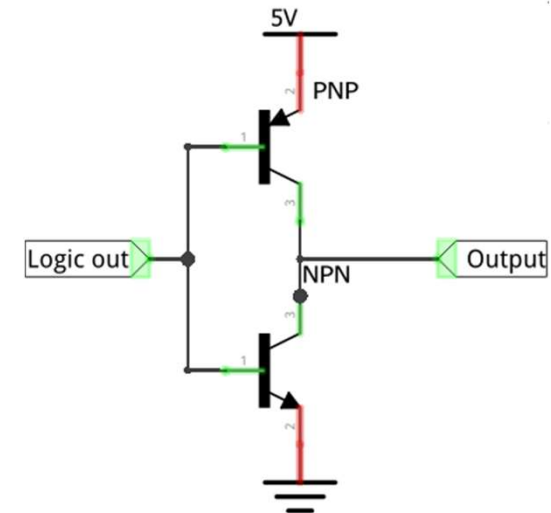
💧 Open-collector (open-drain)

🌿 วงจร Push-pull (complementary circuit)

💧 ใช้เป็นวงจรภาคขับของลอจิกโดยทั่วไป

👉 สามารถจ่ายกระแสและรับกระแสได้มาก

👉 มีค่าความต้านทานต่ำ (ทำให้จ่ายให้กับภาคขาเข้าได้หลายตัวพร้อมกัน)

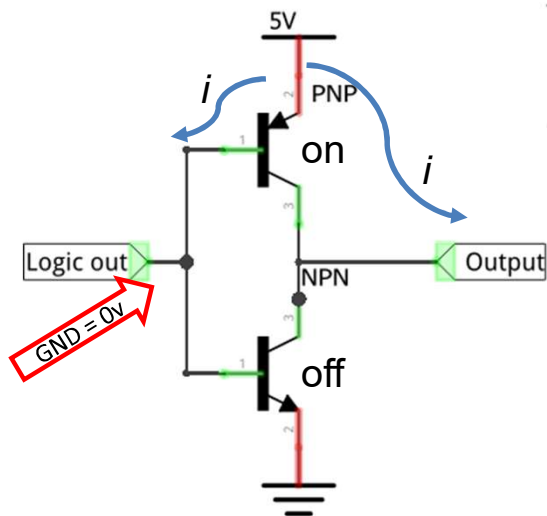


Asst.Prof. Thanwa SRIPRAMONG
PRESENTER

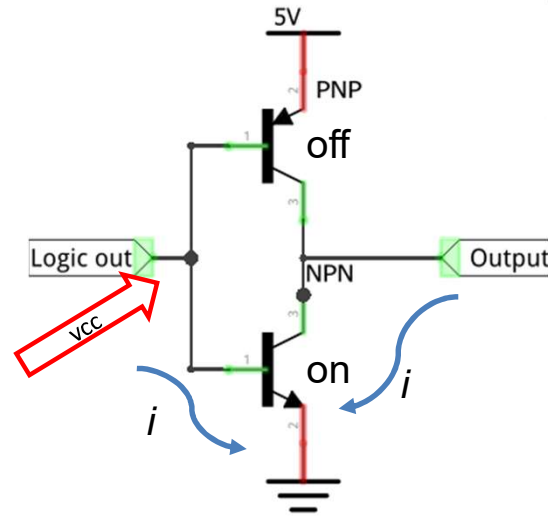
TODAY TOPIC IS

Signal and Logic

คุณสมบัติต่างๆ ของวงจรขาออก : Push-Pull



การทำงานเมื่อลอจิกขาออกเป็น 1



การทำงานเมื่อลอจิกขาออกเป็น 0



คุณสมบัติต่างๆ ของวงจรขาออก : Open-collector

🌿 วงจร Open-collector

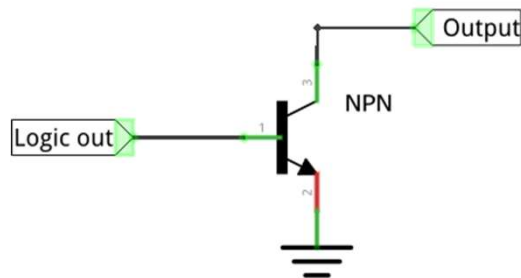
💧 หรือเรียกว่า Open-drain ในกรณีที่ใช้ NMOS

💧 ใช้เป็นวงจรภาคขับของลอจิกอีกประเภทหนึ่ง

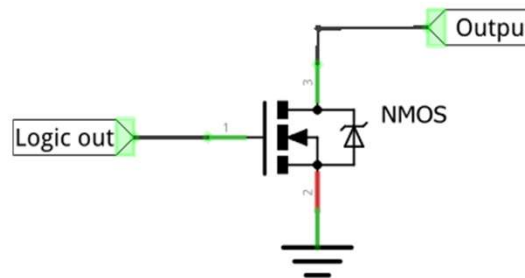
🌈 ข้อเสียคือ ในการต่อวงจรใช้งานจะต้องอาศัย R pull-up ซึ่งจะส่งผลให้มีกระแสไหลผ่านตลอดเมื่อให้ลอจิก 1

🌈 ข้อดีคือ สามารถต่อพ่วงวงจรขาออกหลายๆ ตัวเข้าด้วยกันได้โดยไม่ส่งผลให้เกิดความเสียหาย

🌈 ถูกนำไปใช้เป็นภาคขับในบัสอย่างเช่น i2c



วงจร Open-collector



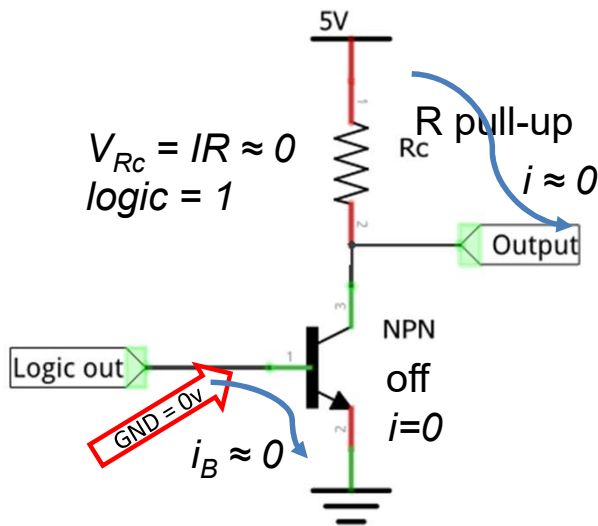
วงจร Open-drain



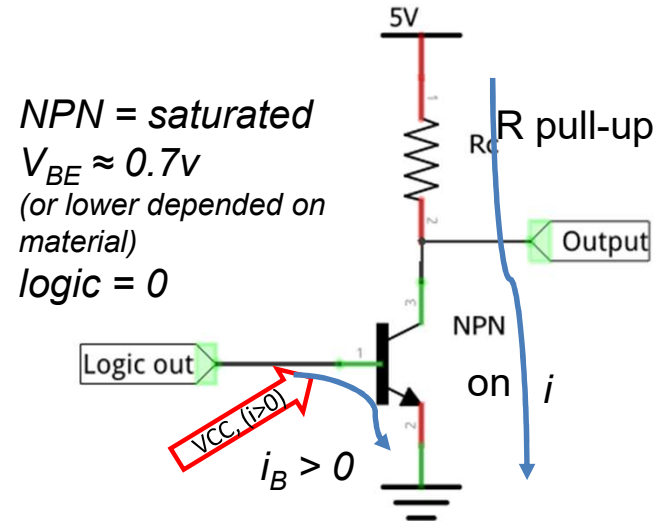
คุณสมบัติต่างๆ ของวงจรขาออก : Open-collector

วงจร Open-collector

เวลาใช้งาน จะต้องมี R pull-up เพื่อทำหน้าที่จ่ายกระแสให้วงจรขาออก และภาคขาเข้าของวงจรถัดไปด้วย



การทำงานในจังหวะลอจิก 1

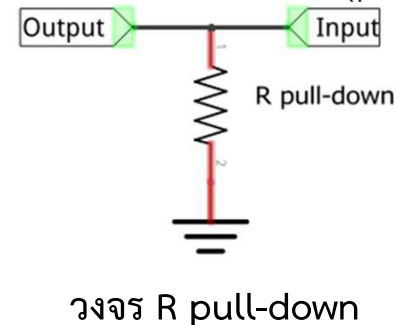
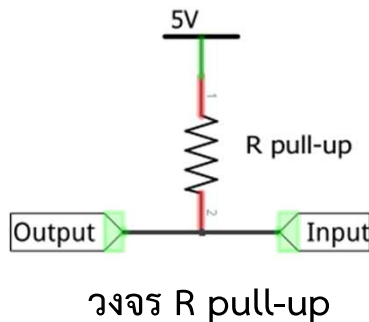


การทำงานในจังหวะลอจิก 0



Pull-up / Pull-down

- การใช้รีซิสเตอร์ต่อคร่อมระหว่างโหนดของวงจรและVCC (pull-up) หรือ GND (pull-down)
 - ใช้กับการเชื่อมต่อวงจรที่ภาคขาออกอาจมีโอกาที่เป็น open circuit (เช่นกรณีของ open-collector หรือกรณีที่เป็น tri-state ที่มีโอกาสเป็น open circuit ช่วงเวลานานๆ)
 - ตัวอย่างการใช้งานอย่างเช่น
 - ใช้ร่วมกับวงจรภาคขาออกที่เป็น open-collector
 - ใช้ร่วมกับสวิตช์ เพื่อดึงสัญญาณในขณะที่ไม่ได้กดสวิตช์ให้เป็น 0 (pull-down) หรือ 1 (pull-up)

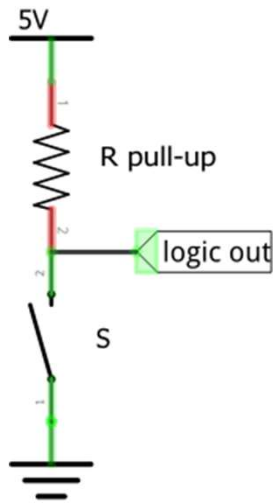


Asst.Prof. Thanwa SRIPRAMONG
PRESENTER

TODAY TOPIC IS

Signal and Logic

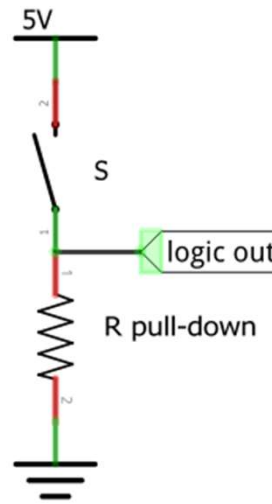
Pull-up / Pull-down : switches



วงจร R pull-up

ปล่อยสวิตช์ = 1

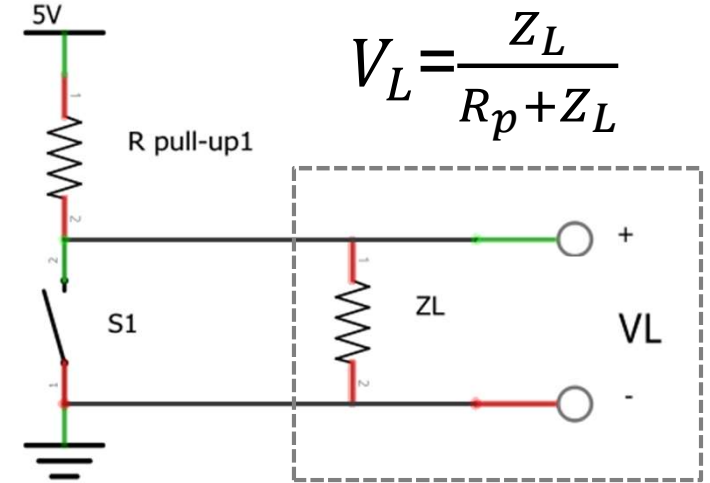
🌿 ข้อสังเกต กดสวิตช์ = 0



วงจร R pull-down

ปล่อยสวิตช์ = 0

กดสวิตช์ = 1



💡 ค่า R pull-up/pull-down จะต้องมามีค่าต่ำกว่า อิมพีแดนซ์ขาเข้าของวงจร ในนัยสำคัญ

💡 แต่ต้องไม่ทำให้กระแสไหลเข้า-ไหลออกของวงจรขาเข้า(หรือขาออกที่ต่อร่วม)สูงเกินกว่าที่วงจรกำหนด



Asst.Prof. Thanwa SRIPRAMONG
PRESENTER

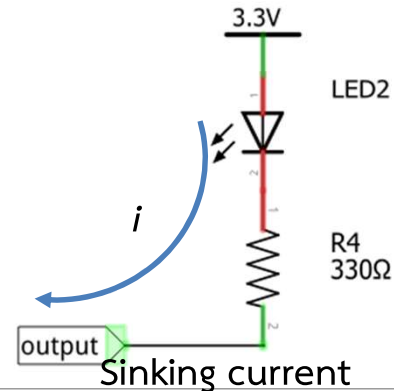
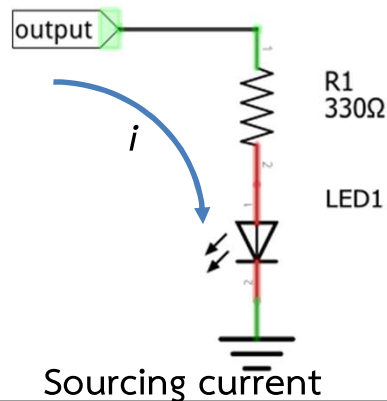
TODAY TOPIC IS

Signal and Logic

Sinking/sourcing current

🌿 การต่อวงจรเชิงตรรกะกับโหลด (เช่น LED และ R ในรูปด้านล่าง) ทำให้วงจรเชิงตรรกะขาออกอาจทำหน้าที่เป็นผู้จ่ายกระแส (sourcing current) หรือผู้รับกระแส (sinking current)

- 💡 วงจรเชิงตรรกะขาเข้าโดยทั่วไปมีความต้านทานสูง ทำให้กระแสไหลน้อย จึงไม่มีปัญหาในการใช้งาน
- 💡 การออกแบบวงจรเชิงตรรกะที่มีอุปกรณ์ประเภทโหลด (ต้องการกระแสมากกว่าปกติ) จะต้องคำนึงถึงกระแสสูงสุดที่วงจรขาออก ว่าสามารถจ่ายหรือรับได้ตามต้องการหรือไม่



Asst.Prof. Thanwa SRIPRAMONG
PRESENTER

TODAY TOPIC IS

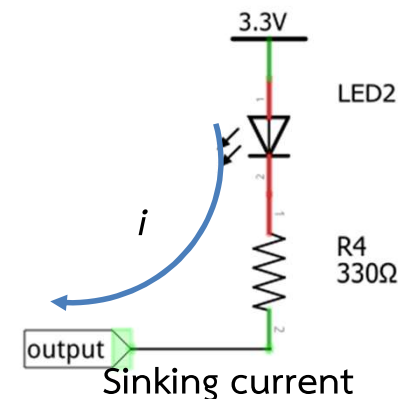
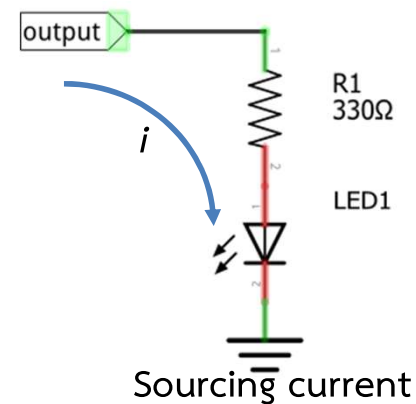
Signal and Logic

Sinking/sourcing current

🌱 ศึกษาค่ากระแสไหลออก (sourcing current) หรือกระแสไหลเข้า (sinking current) (ต่อเนื่อง) สูงสุดได้จาก white paper ของไอซี, MCU หรือวงจรภาคขับขาออกที่เกี่ยวข้อง ว่าสามารถให้ได้เท่าใด และต้องออกแบบไม่ให้เกินกว่าค่าที่กำหนด

- 💡 วงจรภาคขับของ MCU และวงจรเชิงตรรกะโดยทั่วไป จะสามารถรับ sinking current ได้สูงกว่า sourcing current
- 💡 วงจรภาคขับขาออกที่เป็น open-collector ใช้ R pull-up เป็นผู้จ่ายกระแส ดังนั้นจึงเหมาะสมกับการขับกระแส (sourcing) ให้กับโหลด (แต่ทั้งนี้ค่า R pull-up จะต้องไม่น้อยเกินไปจนทำให้ค่ากระแสไหลผ่านวงจรภาคขับขาออก เกินกว่าที่กำหนด)

🌱 หากกระแสที่โหลดต้องการเกินกว่าที่วงจรภาคขับขาออก
รับได้ ให้ต่อวงจรขับแทรกระหว่างขาออกของวงจรกับโหลด



Asst.Prof. Thanwa SRIPRAMONG
PRESENTER

TODAY TOPIC IS

Signal and Logic

Microprocessor STM-32

🌱 ไมโครโพรเซสเซอร์ (Microprocessor – MCU) คือวงจรรวมที่ประกอบไปด้วยส่วนประมวลผลกลาง และวงจรที่ทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์รับส่งข้อมูล (และอาจจะมีหน่วยความจำ) อยู่ภายใน

💡 สำหรับ MCU สมัยใหม่จะมีวงจรทั้งสามรวมอยู่ภายใน จึงถูกเรียกว่า System-on-Chip (SoC)

🌱 ขาสัญญาณเข้าออกของ STM32 ทำหน้าที่ได้หลากหลายขึ้นอยู่กับการกำหนดโดยผู้พัฒนา

💡 GPIO (General-Purpose Input/Output) ทำหน้าที่เป็นสัญญาณขาออก (output) หรือขาเข้า (input) ตามกำหนด

🌱 Input รองรับทั้งแบบเป็น high impedance ธรรมดา หรือใช้งาน R pull-up หรือ R pull-down ภายใน (ดังนั้นผู้พัฒนาไม่ต้องต่อ R pull-up/pull-down เพิ่มเติมอีก) และรองรับอินเทอร์รัพต์จากภายนอก

🌱 Output ภายในมีวงจรให้เลือกทั้งแบบ open-collector (ต้องการ R pull-up) หรือ push-pull

💡 อันที่จริง พอร์ต GPIO มีขนาด 16 บิต (จึงถูกแบ่งเป็นชื่อ A-B-C-D-...) การติดต่อในลักษณะแบบเป็นบิตถูกกระทำโดยไลบรารีที่ ST เตรียมไว้ให้ (ผู้พัฒนาสามารถเขียนชุดคำสั่งเพื่อสั่งการอ่านหรือเขียนทั้ง 16 บิตพร้อมกันได้)



Asst.Prof. Thanwa SRIPRAMONG

PRESENTER

TODAY TOPIC IS

Signal and Logic

Microprocessor STM-32

นอกจากแต่ละพอร์ตทำหน้าที่เป็น GPIO แล้ว แต่ละพอร์ตยังสามารถกำหนดให้เชื่อมต่อกับวงจร I/O พิเศษที่มีอยู่ใน STM-32 ได้ตามต้องการ

ตัวอย่าง Alternate function ที่มีดังเช่น

• RS-232

• SPI

• i2c

• CANBUS

• และอื่นๆ

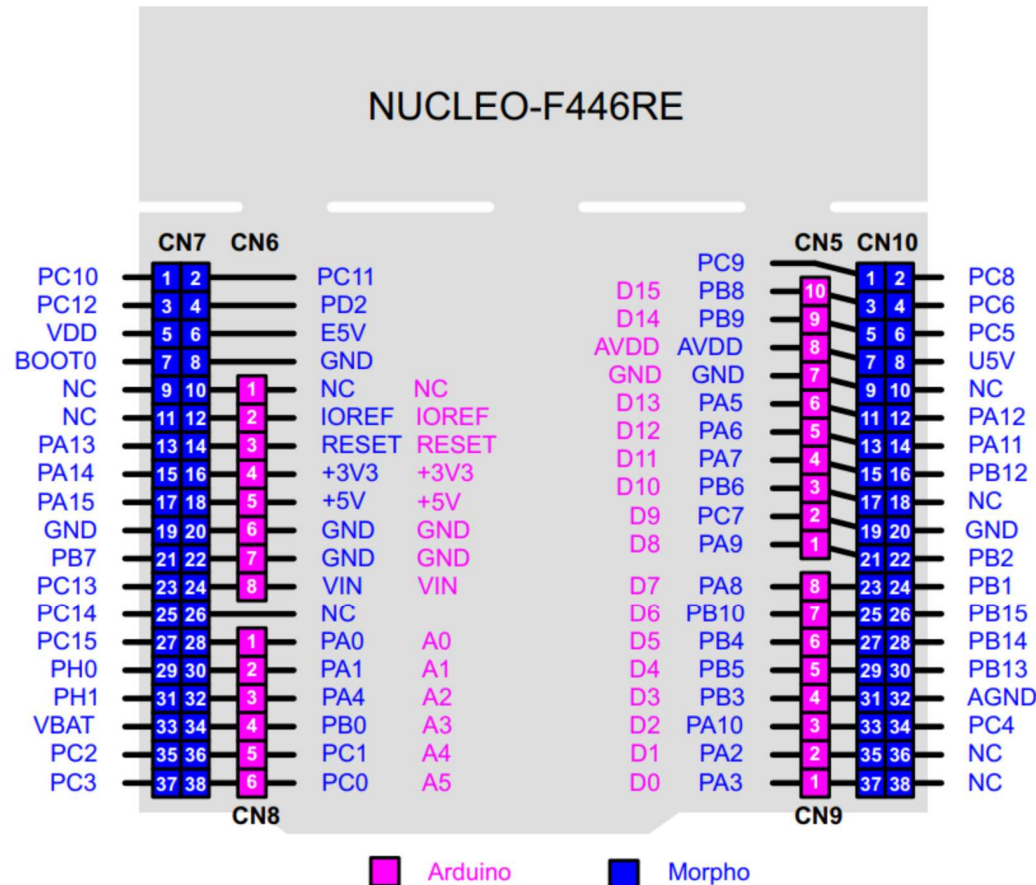


Asst.Prof. Thanwa SRIPRAMONG
PRESENTER

TODAY TOPIC IS

Signal and Logic

Microprocessor STM-32 : Nucleo pin assignment



Asst.Prof. Thanwa SRIPRAMONG
PRESENTER

Signal and Logic



สรุปหัวข้อ

- 🌿 สัญญาณแอนะล็อก เป็นสัญญาณที่เกิดขึ้นอย่างต่อเนื่อง และค่าระดับของสัญญาณเปลี่ยนแปลงได้โดยอาจวัดเป็นค่าจำนวนจริง
- 🌿 สัญญาณดิจิตอล เป็นสัญญาณที่มีการเปลี่ยนแปลงตามคาบเวลา และค่าระดับสัญญาณสามารถวัดค่าความแตกต่างได้เป็นระดับ
- 🌿 สัญญาณลอจิก (เชิงตรรก) เป็นสัญญาณดิจิตอลที่ค่าความแตกต่างมีได้สองระดับ 0 และ 1
- 🌿 วงจรลอจิกขาเข้าโดยส่วนมากมีค่าความต้านทานที่สูง ทำให้สามารถต่อวงจรขาเข้าหลายๆ ตัวกับวงจรลอจิกขาออกเพียงตัวเดียวได้



Asst.Prof. Thanwa SRIPRAMONG
PRESENTER

TODAY TOPIC IS

Signal and Logic



สรุปหัวข้อ (ต่อ)

- 🌱 วงจรเชิงตรรกะมีมาตรฐานที่แตกต่างกันไปหลายมาตรฐาน ทั้งประเภทของเทคโนโลยี/ตัววงจร (เช่น CMOS TTL) และระดับสัญญาณอ้างอิง (5v 3.3v 1.5v และอื่นๆ) การเชื่อมต่อวงจรขาเข้าและขาออกของวงจรเชิงตรรกะจึงต้องคำนึงถึงสิ่งเหล่านี้ด้วย และอาจต้องใช้วงจรปรับระดับแรงดันสัญญาณถ้าจำเป็น
- 🌱 วงจรขาออกของวงจรเชิงตรรกะมีหลายประเภท และแต่ละประเภทถูกออกแบบมาเพื่อให้ใช้งานได้แตกต่างกันออกไป จึงควรเลือกใช้งานให้เหมาะสม



Asst.Prof. Thanwa SRIPRAMONG
PRESENTER

TODAY TOPIC IS

Signal and Logic