

Embedded Systems Programming on STM32 MCU

การโปรแกรมระบบสมองกลฝังตัวบน

ไมโครคอนโทรลเลอร์ STM32



Inter-Integrated Circuit (I2C)

- 🌿 I2C (อ่านว่า ไอแอสควอร์ซี) ถูกคิดค้นเมื่อ ค.ศ.1982 โดย Philips Semiconductors
- 🌿 เป็นบัสแบบ packet switched, single-ended, serial communication bus
- 🌿 นิยมใช้เป็นบัสสื่อสารความเร็วต่ำกับอุปกรณ์รอบข้างสำหรับ CPU และ MCU ที่ระยะทางใกล้ๆ
- 🌿 Intel นิยามบัส System Management Bus (SMBus) ซึ่งพัฒนาต่อมาจาก I2C สำหรับใช้จัดการกับอุปกรณ์บนเมนบอร์ดของคอมพิวเตอร์ (Intel, Duracell 1994)
 - 💧 ความเร็วสัญญาณนาฬิกาอยู่ที่ราว 10kHz – 100kHz
 - 💧 ควบคุมอุปกรณ์เช่นการจัดการแบตเตอรี่บนโน้ตบุค วัตถุอุณหภูมิ จัดการพัดลม วัดความต่างศักย์ในจุดต่างๆ ฯลฯ
 - 💧 มาตรฐานต่อมาคือ PMBus (Power Management Bus)



Asst.Prof. Thanwa SRIPRAMONG
PRESENTER

TODAY TOPIC IS
I2C

I2C : Characteristics

🌿 รับส่งข้อมูลในลักษณะแบบบัสอนุกรม (ส่งและรับข้อมูลบนขาสัญญาณเดียวกัน)

🌿 ขาสัญญาณ 2 ขา SCL (Serial Clock) และ SDA (Serial Data)

💡 ถือเป็นการส่งสัญญาณอนุกรมแบบซิงโครนัส (ใช้สัญญาณนาฬิกาเพื่อควบคุมจังหวะการส่ง)

🌿 ความต่างศักย์ปกติอยู่ที่ 3.3v – 5v (แต่อาจพบสูงกว่านี้ได้)

🌿 โครงสร้างทางฮาร์ดแวร์ของวงจรขับ เป็น open-collector/ open-drain

💡 ระดับสัญญาณปกติที่ไม่มีการรับส่งเป็น VCC

💡 ใช้ R pull-up เพื่อดึงสัญญาณลอจิกขึ้น VCC ในกรณีที่ไม่มีตัวใดส่งข้อมูล (ค่าปกติอยู่ที่ประมาณ 4.7k)

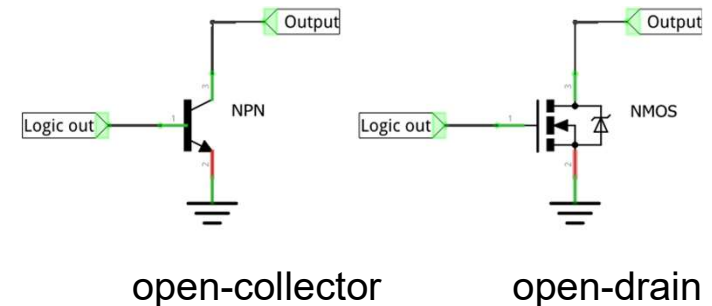
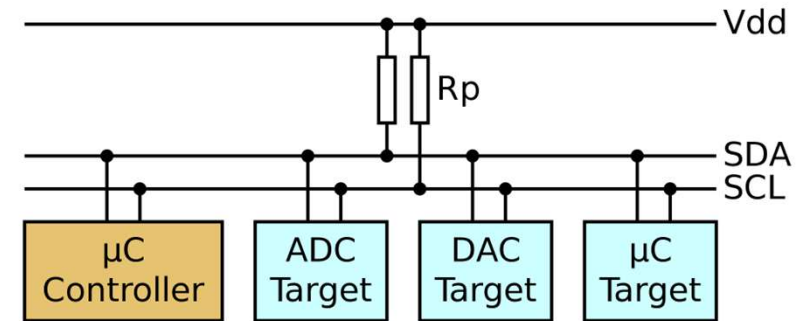
🌿 ความเร็วสัญญาณนาฬิกาของ I2C

💡 Standard mode 100kbps

💡 Fast mode 400kbps, Fast mode plus 1Mbps

💡 High-speed mode 1.7Mbps, High-speed mode plus 3.4Mbps

💡 Ultra-fast mode 5Mbps (Unidirectional)



Asst.Prof. Thanwa SRIPRAMONG
PRESENTER

TODAY TOPIC IS
I2C

I2C : Protocol

🌿 การทำงานอยู่ในลักษณะของ Master-slave

💡 Controller (master) ทำหน้าที่ส่งสัญญาณนาฬิกาและเริ่มต้นสื่อสาร

💡 Target (slave) รับสัญญาณนาฬิกาเพื่อใช้ในการรับข้อมูลและส่งข้อมูลกลับไปยังมาสเตอร์

🌿 ลักษณะของแพ็คเกจของข้อมูล

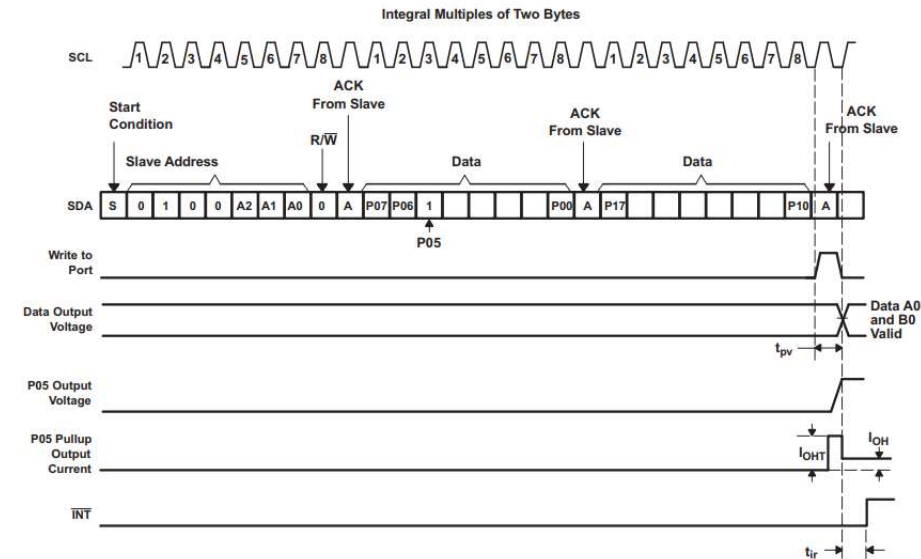
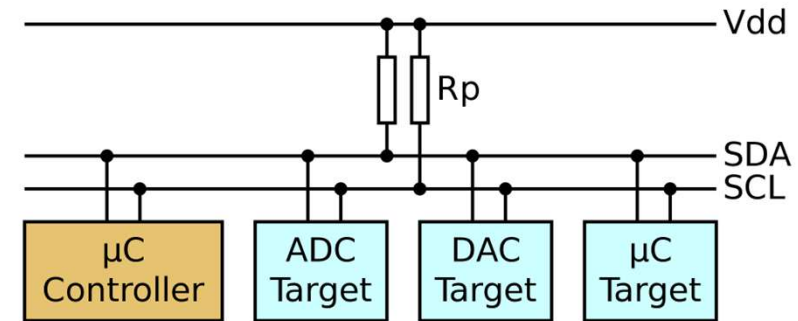
💡 การส่งข้อมูลแต่ละไบต์ นำด้วยบิตสูงก่อน (MSB-most significant bit)

💡 ไบต์แรก (หรือสองไบต์แรก) เป็นไบต์บอกตำแหน่งอุปกรณ์ (address)

🌈 แอดเดรสขนาด 7 bit หรือ 10 bit

🌈 บิตต่ำสุดทำหน้าที่บอกสถานะมาสเตอร์ส่ง (Write) หรือรับ (Read) ข้อมูล

💡 ไบต์ถัดมา อาจเป็นข้อมูลในทันที หรือในกรณีที่อุปกรณ์มีความซับซ้อน มักจะเป็น command byte



Asst.Prof. Thanwa SRIPRAMONG
PRESENTER

TODAY TOPIC IS
I2C

I2C : Communication

🌿 การส่งข้อมูลจาก master ไป slave

- 💡 master ส่งแอดเดรสและบิตเขียน ตามด้วยข้อมูลที่จะส่ง
- 💡 slave ส่งบิต ACK กลับมาทุกครั้งทีรับแต่ละไบต์ข้อมูล

🌿 การรับข้อมูลจาก slave กลับมายัง master

- 💡 master ส่งแอดเดรสและบิตอ่าน และอาจตามด้วย command byte

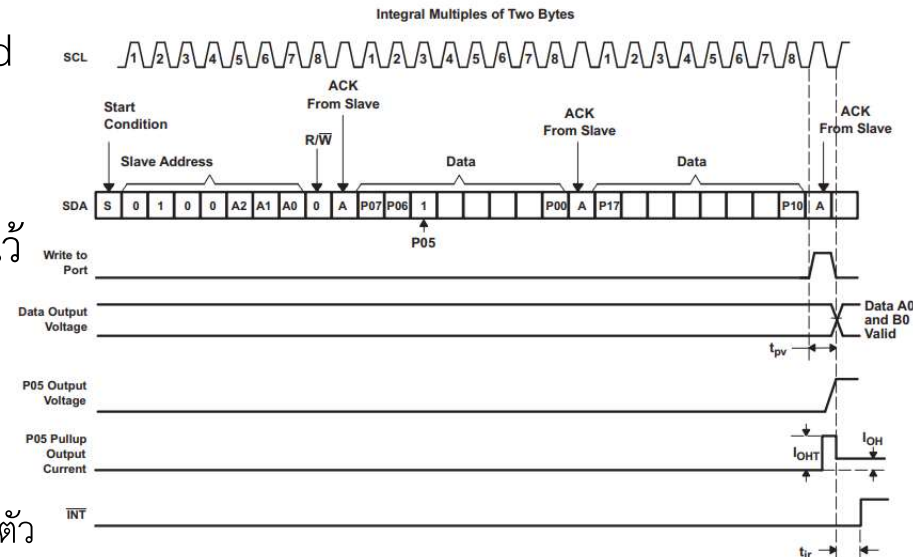
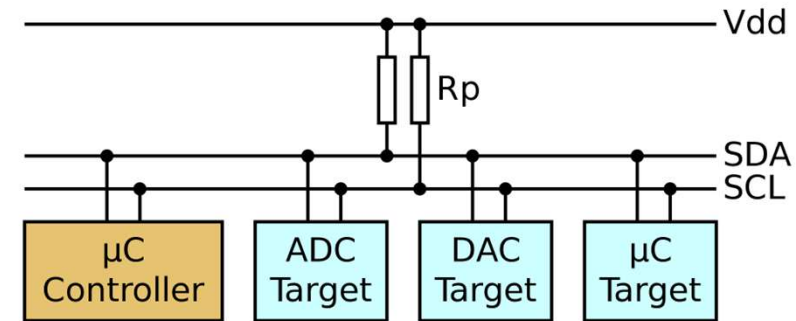
🌈 slave ส่งบิต ACK กลับมาทุกครั้งทีรับแต่ละไบต์

- 💡 slave ส่งข้อมูลกลับมายัง master ตามจำนวนไบต์ที่ออกแบบไว้สำหรับแต่ละคำสั่ง

🌈 master ส่งบิต ACK ไปยัง slave ทุกครั้งทีรับแต่ละไบต์

🌿 นอกจากนี้ยังมีโหมด combined format

- 💡 สำหรับ master ส่งคำสั่งเขียน/อ่านไปยัง slave หนึ่งตัวหรือมากกว่าหนึ่งตัว

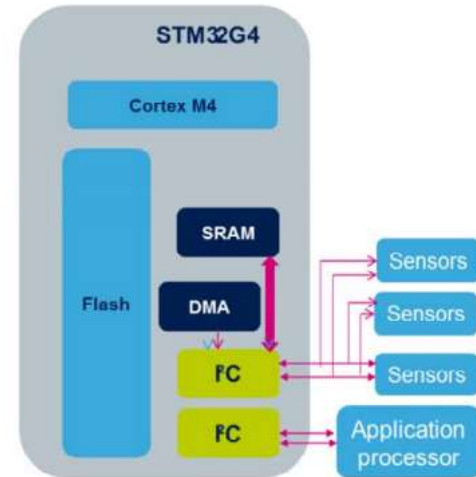


Asst.Prof. Thanwa SRIPRAMONG
PRESENTER

TODAY TOPIC IS
I2C

I2C ใน STM32

- 🌿 รองรับ standard mode, fast mode และ fast mode plus
- 🌿 รองรับ SMBus 3.0 และ PMBus 1.3
- 🌿 HAL รองรับการทำงานในแบบ
 - 🔵 Programmed I/O
 - 🔵 Interrupt
 - 🔵 DMA



Asst.Prof. Thanwa SRIPRAMONG
PRESENTER

TODAY TOPIC IS
I2C



สรุปหัวข้อ

- 🌿 I2C เป็นบัสสื่อสารข้อมูลแบบอนุกรมซึ่งใคร่นั้สรุปแบบหนึ่ง
- 🌿 SMBus และ PMBus ที่ใช้กันอย่างแพร่หลายในคอมพิวเตอร์ปัจจุบัน ถือเป็นบัส I2C ประเภทหนึ่ง
 - 💡 แต่มีโปรโตคอลจัดการเพิ่มเติมจาก I2C ตามปกติ
- 🌿 สามารถมี slave ได้หลายตัวโดยอาศัยการระบุ address
- 🌿 รองรับ master อย่างน้อยหนึ่งตัว
 - 💡 ในกรณีที่มี master หลายตัว จำเป็นต้องมีกลไกจัดการกับการชนกันของข้อมูลด้วยตนเอง



Asst.Prof. Thanwa SRIPRAMONG
PRESENTER

TODAY TOPIC IS
I2C