บทที่ 2
เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในบทนี้จะกล่าวถึงทฤษฎีและหลักการต่าง ๆ ที่ใช้ในการแก้ปัญหาต่าง ๆ โดยอาศัยเทคโนโลยีสารสนเทศ เพื่อใช้ในการจัดเก็บเอกสารและค้นหาเอกสาร ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องในการทำวิจัยข้อมูลงานวิจัย

2.1 สมองกลอัจฉริยะด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์

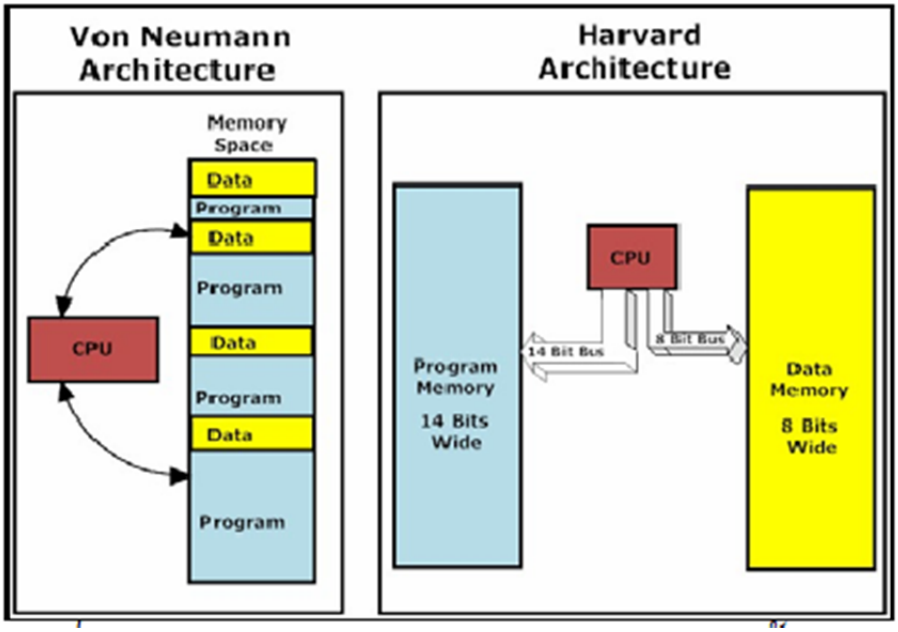
ระบบฝังตัวหรือสมองกลฝังตัว (Embedded System) คือ ระบบประมวลผลที่ใช้ชิปหรือไมโครโพรเซสเซอร์ที่ออกแบบมาโดยเฉพาะ เป็นระบบคอมพิวเตอร์ขนาดจิ๋วที่ฝังไว้ในอุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้าและเครื่องเล่นอิเล็กทรอนิกส์ต่าง ๆ เพื่อเพิ่มความฉลาด ความสามารถให้กับอุปกรณ์เหล่านั้นผ่านซอฟต์แวร์ ซึ่งต่างจากระบบประมวลผลที่เครื่องคอมพิวเตอร์ทั่วไป ระบบฝังตัวถูกนำมาใช้กันอย่างแพร่หลายในยานพาหนะ เครื่องใช้ไฟฟ้าในบ้านและสำนักงาน อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ เทคโนโลยีซอฟต์แวร์ เทคโนโลยีฮาร์ดแวร์ เทคโนโลยีเครือข่ายเน็ตเวิร์ก เทคโนโลยีด้านการสื่อสาร เทคโนโลยีเครื่องกลและของเล่นต่าง ๆ คำว่าระบบฝังตัวเกิดจากการที่ระบบนี้เป็นระบบประมวลผลเช่นเดียวกับระบบคอมพิวเตอร์ แต่ว่าระบบนี้จะฝังตัวลงในอุปกรณ์อื่น ๆ ที่ไม่ใช่เครื่องคอมพิวเตอร์ ในปัจจุบันระบบสมองกลฝังตัวได้มีการพัฒนามากขึ้น โดยในระบบสมองกลฝังตัวอาจจะประกอบไปด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์หรือไมโครโปรเซสเซอร์ อุปกรณ์ที่ใช้ระบบสมองกลฝังตัวที่เห็นได้ชัดเช่น โทรศัพท์มือถือ และในระบบสมองกลฝังตัวยังมีการใส่ระบบปฏิบัติการต่าง ๆ แตกต่างกันไปอีกด้วย ดังนั้น ระบบสมองกลฝังตัวอาจจะทำงานได้ตั้งแต่ควบคุมหลอดไฟจนไปถึงใช้ในยานอวกาศ

จากงานวิจัยนี้ผู้วิจัยได้เลือกใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ชนิด Arduino กล่าวคือ เครื่องมือที่จะทำให้คอมพิวเตอร์สามารถรับสัญญาณจากภายนอกและส่งสัญญาณไปควบคุมอุปกรณ์ภายนอกได้อย่างมีประสิทธิภาพมากกว่าใช้เครื่องพีซีตั้งโต๊ะ ตัวบอร์ดออกแบบจากไมโครคอมพิวเตอร์ชิพเดี่ยวและมีโปรแกรมพัฒนาสำหรับเขียนโปรแกรมให้บอร์ดทำงาน Arduino สามารถประยุกต์ทำเครื่องใช้อัจฉริยะ รับสัญญาณจากสวิทซ์หรือเซนเซอร์ และควบคุมหลอดไฟ, มอเตอร์ หรืออุปกรณ์อื่น ๆ โปรเจก Arduino เป็นได้ทั้งแบบทำงานอิสระหรือทำงานติดต่อกับโปรแกรมที่ทำงานบนเครื่องพีซี Arduino เป็นภาษาอิตาลี ซึ่งใช้เป็นชื่อของโครงการพัฒนาไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล AVR แบบโอเพ่นซอร์ส (Open Source) ที่ได้รับการปรับปรุงมาจากโครงการพัฒนาโอเพ่นซอร์ส (Open Source) ของ AVR อีกโครงการหนึ่งที่ชื่อว่า “Wiring” แต่เนื่องจากโครงการของ “Wiring” เลือกใช้ AVR เบอร์ ATmega128 ซึ่งเป็นไมโครคอนโทรลเลอร์ ที่มีจำนวนของหน่วยความจำและ I/O ค่อนข้างมากและที่สำคัญ ATmega128 เป็นชิพที่มีตัวถังแบบ SMD จึงทำให้เป็นอุปสรรคสำหรับผู้เริ่มต้นในการสร้างบอร์ดและต่อวงจรขึ้นมาใช้งานกันเอง และบอร์ดจะมีขนาดค่อนข้างใหญ่ ซึ่งอาจดูว่าเกินความจำเป็นสำหรับผู้เริ่มต้น จึงไม่ค่อยได้รับความนิยมเท่าที่ควร แต่หลังจากที่ทีมงาน Arduino นำซอร์สโค้ด (Source Code) ของ “Wiring” มาพัฒนาปรับปรุงใหม่โดยให้สามารถใช้งานกับไมโครคอนโทรลเลอร์ขนาดเล็ก เช่น Mega8, Mega168, Mega328 ได้ จึงทำให้ระบบวงจรของบอร์ด

มีขนาดเล็กลงกว่า “Wiring” มากและยังใช้อุปกรณ์น้อยชิ้น ทำให้ง่ายต่อการต่อวงจรใช้งานกันเอง และยังประหยัดต้นทุนในการสร้างบอร์ดไปได้มาก

ด้วยเหตุนี้เองที่ทำให้ “Arduino” ได้รับความนิยมจากผู้ใช้งานทั่วโลกเป็นอย่างมากในระยะเวลาอันรวดเร็ว ส่วนภาษาในการเขียนโปรแกรมลงบน Arduino นั้นจะใช้ภาษา C++ ซึ่งเป็นรูปแบบของโปรแกรมภาษาซีประยุกต์แบบหนึ่งที่มีโครงสร้างของตัวภาษาโดยรวมใกล้เคียงกันกับภาษาซีมาตรฐาน (ANSI-C) อื่น ๆ เพียงแต่ได้มีการปรับปรุงรูปแบบในการเขียนโปรแกรมบางส่วนที่ผิดเพี้ยนไปจาก ANSI-C เล็กน้อย เพื่อช่วยลดความยุ่งยากในการเขียนโปรแกรมและให้ผู้เขียนโปรแกรมสามารถเขียนโปรแกรมได้ง่ายและสะดวกมากขึ้นกว่าการเขียนภาษาซีตามแบบมาตรฐานของ ANSI-C โดยตรง

ภาพที่ 2.1 ตัวอย่างซีพียู ATMEGA328P ขนาด 28 ขา



ภาพที่ 2.2 สถาปัตยกรรมของไมโครคอนโทรลเลอร์

จากภาพที่ 2.2 โพรเซสเซอร์ที่ใช้สถาปัตยกรรมแบบฮาวาร์ด (Harvard) จะแยกหน่วยความจำสำหรับเก็บข้อมูลออกจากโปรแกรมอย่างชัดเจน สถาปัตยกรรม AVR และ MCS-51 จะใช้รูปแบบนี้ในการจัดการหน่วยความจำส่วนสถาปัตยกรรมแบบ Von-neumann การตัดสินใจว่าจะเก็บโปรแกรมหรือข้อมูลจะแบ่งเก็บอย่างไรจะทำได้อย่างอิสระ โดยขึ้นอยู่กับโปรแกรมเมอร์หรืออาจจะเป็นระบบปฏิบัติการเป็นผู้ดำนินการให้ ลักษณะเด่นของสถาปัตยกรรม AVR คือ คำสั่งส่วนใหญ่สามารถทำงานได้เสร็จภายใน 1 clock cycle ตัวซีพียู AVR ขนาด 8 บิตจะแบ่งออกเป็นประเภทการใช้งานได้ 5 กลุ่ม ได้แก่

- TinyAVR เป็นซีพียูในรุ่นเล็ก ซึ่งต้องการความเล็กกะทัดรัดของวงจร โดยเหมาะกับระบบควบคุมขนาดเล็ก ๆ ที่ต้องการหน่วยความจำและวงจรสนับสนุนไม่มากนัก ซีพียูในรุ่นนี้จะมีราคาถูกกว่ากลุ่มอื่น
- MegaAVR จะมีชื่ออีกอย่างว่า ATmega โดยมีวงจรสนับสนุนภายในเพิ่มเติมตลอดจนเพิ่มขนาดของหน่วยความจำให้ใช้งานมากกว่าตระกูล Tiny เหมาะกับงานควบคุมทั่ว ๆ ไป
- XMEGA เพิ่มความละเอียดของวงจร A/D จากปกติมีความละเอียด 10 บิตในรุ่นเล็กกว่าเป็น 12 บิต และวงจร DMA controller ซึ่งช่วยลดภาระของซีพียูในการควบคุมการรับส่งข้อมูลระหว่างอุปกรณ์ I/O กับหน่วยความจำ
- FPSLIC (AVR core with FPGA) สำหรับงานที่ต้องการควบคุมที่ต้องการความยืดหยุ่นในขั้นตอนการออกแบบและพัฒนา โดยผู้ออกแบบสามารถออกแบบวงจรในระดับฮาร์ดแวร์เพิ่มเติมด้วยภาษาบรรยายฮาร์ดแวร์ (Hardware Description Language : HDL) เช่น ภาษา VHDL หรือภาษา Verilog และให้วงจรที่ออกแบบทำงานร่วมกับซีพียู AVR core
- Application Specific AVR เป็นซีพียูที่ออกแบบมาโดยเพิ่มวงจรควบคุมเฉพาะด้านเข้าไป ซึ่งไม่พบในซีพียูกลุ่มอื่น ๆ เช่น วงจร USB controller หรือวงจร CAN bus เป็นต้น

2.2 การแปลงสัญญาณอนาล็อก (Analog) เป็นดิจิตอล (Digital)

ในงานควบคุมหลายประเภท เซนเซอร์จะให้ค่าเป็นแรงดัน (หรือกระแส) ไฟฟ้าที่แปรผันตามตัวแปรที่เราต้องการวัดค่า ตัวอย่างเช่น เซนเซอร์วัดอุณหภูมิสเตนเกจ์ (Stain gauge) หรือไมโครโฟน ในการที่จะประมวลผลสัญญาณนั้น ๆ โดยคอมพิวเตอร์จะต้องทำการสุ่มค่าของสัญญาณเป็นค่าตัวเลขที่สามารถเก็บในหน่วยความจำ อุปกรณ์ที่ใช้ทำหน้าที่นี้ก็คือ ADC (Analog-to-Digital Converters) หรือที่เรียกว่า ระบบการแปลงสัญญาณอนาล็อก (Analog) ให้เป็นสัญญาณดิจิตอล (Digital) ซึ่งจะค่าเท่ากับสัญญาณอนาล็อก (Analog) นั้น ๆ โดยทั่วไปไมโครคอนโทรลเลอร์จะมีอุปกรณ์ ADC บรรจุอยู่ในชิพแล้ว จึงมักไม่มีความจำเป็นจะต้องหาอุปกรณ์มาเพิ่มภายนอก วิธีการทำ ADC มีหลายประเภท เช่น แบบแฟลช (Flash) ประมาณค่าตามลำดับ (Successive Approximation) ความชันคู่ (Dual Slope) หรือซิกมา-เดลตา (Sigma-Delta) เป็นต้น โดยแต่ละแบบมีรายละเอียดแตกต่างกันเฉพาะโครงสร้างภายในเท่านั้น ดังนั้นในที่นี้จะกล่าวเพียงเฉพาะเนื้อหาที่สำคัญในการใช้งาน

ความเร็วของ ADC

อัตราต่ำสุดในการสุ่มสัญญาณจะต้องมีค่าไม่ต่ากว่า 2 เท่า ของแบนด์วิธ (Bandwidth) สัญญาณอนาล็อก (Analog) มิฉะนั้นจะเกิดปัญหาที่เรียกว่า เอเลียส (Alias) คือ ได้สัญญาณที่แตกต่างไปจากสัญญาณจริง ถ้าหากว่าไม่สามารถสุ่มสัญญาณด้วยอัตราอย่างน้อย 2 เท่าได้ จะต้องใช้

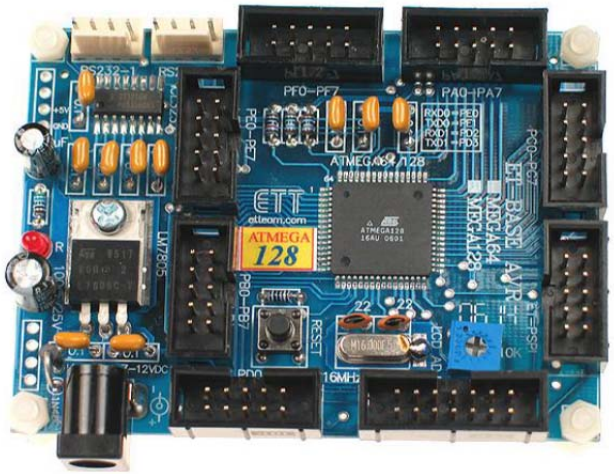
วงจรฟิลเตอร์ต้านเอเลียส (Anti-Aliasing Filter) เข้าช่วย ซึ่งก็คือวงจรกรองความถี่ต่ำผ่าน มีความถี่ตัดเท่ากับครึ่งหนึ่งของอัตราสุ่มนั่นเอง นอกจากนั้นในทางปฏิบัติโมดูล ADC จะไม่สามารถทำการแปลงสัญญาณ 30 อนาล็อกได้อย่างทันทีทันใด ดังนั้นที่ภาคอินพุตจะต้องมีวงจรช่วยในการคงค่าระดับสัญญาณไว้ จนกว่าการแปลงจะเสร็จสิ้น ตัวช่วยนี้เรียกว่า วงจรสุ่มและคงค่า (Sample and Hold)

ความละเอียด

ความละเอียด (Resolution) คือ จำนวนค่าตัวเลขดีสครีตทั้งหมดที่สามารถแทนได้ในย่านของสัญญาณอนาล็อก (Analog) ที่ใช้งาน เนื่องจากค่าเหล่านี้ถูกเก็บในรูปของตัวเลขไบนารี ดังนั้นความละเอียดจะขึ้นอยู่กับจำนวนบิตของ ADC ตัวอย่างเช่น ADC ขนาด 8 บิต สามารถเก็บค่าได้ 28 = 256 ระดับ โดยอาจจะเป็นค่าตั้งแต่ 0 ถึง 255 หรือตั้งแต่ -128 ถึง 127 แล้วแต่การใช้งาน ความละเอียดสามารถระบุได้เป็นค่าแรงดันที่แตกต่างกันในแต่ละระดับก็ได้ สมมติว่าย่านของแรงดันอนาล็อก คือ 0 - 5 โวลต์ เมื่อใช้ ADC ขนาด 12 บิต จะเก็บค่าได้ 4096 ระดับ ดังนั้นค่าความละเอียดในรูปของค่าแตกต่างแรงดันน้อยสุดที่วัดได้คือ 5/4096 = 1.2 มิลลิโวลต์

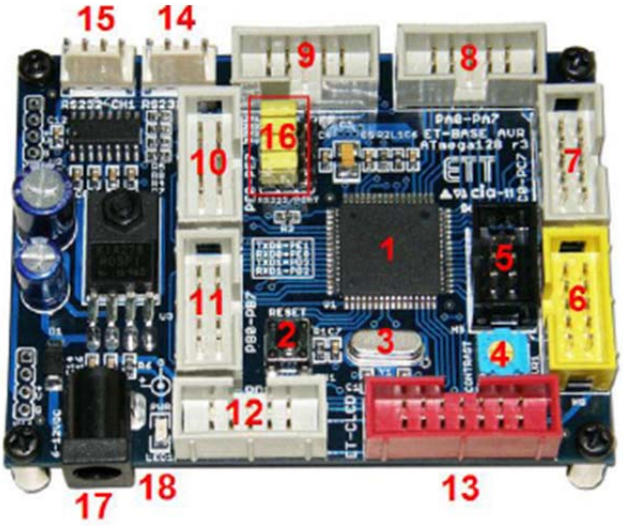
บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์

บอร์ดไมโครคอนโทรเลอร์ ET-BASE AVR ATmaega128 r3 เป็นบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ในตระกูล AVR ของบริษัท Atmel ซึ่งบอร์ดนี้เลือกใช้ MCU เบอร์ATmega128 ขนาด 64 pins โดยในบอร์ด ET-BASE AVR ATmega128 r3 นี้ จะเน้นการใช้งานทรัพยากรของตัว MCU เองเป็นหลัก ซึ่งจะมีการต่อขาสัญญาณ I/O ออกมาจัดเรียงให้เป็นพอร์ต เพื่อสะดวกต่อการใช้งาน พร้อมทั้งพอร์ตสำหรับดาวน์โหลดโปรแกรม นอกจากนี้ยังได้เพิ่มวงจร Line Driver RS-232 เข้าไปด้วย เพื่อให้สามารถใช้งานทางด้านพอร์ตอนุกรม RS-232 ได้ง่ายและสะดวกยิ่งขึ้น



ภาพที่ 2.3 บอร์ดไมโครคอนโทรเลอร์ ET-BASE AVR ATmaega128 r3

โครงสร้าง



ภาพที่ 2.4 โครงสร้างของบอร์ดไมโครคอนโทรเลอร์ ET-BASE AVR ATmaega128

หมายเลข 1 คือ MCU เบอร์ ATmega64 หรือ ATmega128 ซึ่งเป็น MCU ตระกูล AVR จาก Atmel

หมายเลข 2 คือ Switch RESET ใช้สำหรับ Reset การทำงานของ MCU

หมายเลข 3 คือ Crystal ค่า 16 MHz

หมายเลข 4 คือ ตัวต้านทานสำหรับปรับค่าความเข้มให้ LCD

หมายเลข 5 ports AVR ISP (6 pins) ใช้สำหรับดาวน์โหลด Hex File ให้กับ MCU

หมายเลข 6 ports AVR ISP (10 pins) ใช้สำหรับดาวน์โหลด Hex File ให้กับ MCU

หมายเลข 7 คือ PORTC มีขนาด 8 bits คือ PC0-PC7

หมายเลข 8 คือ PORTA มีขนาด 8 bits คือ PA0-PA7

หมายเลข 9 คือ PORTF มีขนาด 8 bits คือ PF0-PF7

หมายเลข 10 คือ PORTE มีขนาด 8 bits คือ PE0-PE7

หมายเลข 11 คือ PORTB มีขนาด 8 bits คือ PB0-PB7

หมายเลข 12 คือ PORTD มีขนาด 8 bits คือ PD0-PD7

หมายเลข 13 คือ PORT ET-CLCD สำหรับเชื่อมต่อกับ LCD ชนิด Character Type ซึ่งใช้การเชื่อมต่อแบบ 4 bits

หมายเลข 14 คือ ขั้วต่อ RS232 สำหรับใช้งานทั่วไป

หมายเลข 15 คือ ขั้วต่อ RS232 สำหรับใช้งานทั่วไป

หมายเลข 16 คือ จั๊มเปอร์สำหรับเลือกใช้งาน RS232 หรือพอร์ต I/O

หมายเลข 17 คือ ขั้วต่อแหล่งจ่ายไฟสำหรับเลี้ยงวงจรของบอร์ด

หมายเลข 18 คือ LED Power ใช้สำหรับแสดงสถานะของแหล่งจ่ายไฟ +5Vdc

ขั้วต่อสัญญาณ

สำหรับขั้วต่อสัญญาณของพอร์ต I/O จาก MCU นั้นจะถูกออกแบบ และจัดเตรียมไว้ผ่านทางขั้วต่อแบบ IDC-Header ขนาด 10 pins (2X5) จำนวน 6 ชุด คือ PA PB PC PD PE PF ตามลำดับ โดยที่ขั้วต่อสัญญาณแต่ละชุดจะประกอบไปด้วยสัญญาณของ I/O ที่เชื่อมต่อมาจากขาสัญญาณของ MCU โดยตรงทั้งหมด โดยจุดเชื่อมต่อกับสัญญาณภายนอกบอร์ด มีดังนี้

- แหล่งจ่ายไฟ สำหรับเลี้ยงวงจรของบอร์ด
- PORTA มีขนาด 8 bits คือ PA0-PA7
- PORTB มีขนาด 8 bits คือ PB0-PB7
- PORTC มีขนาด 8 bits คือ PC0-PC7
- PORTD มีขนาด 8 bits คือ PD0-PD7
- PORTE มีขนาด 8 bits คือ PE0-PE7
- PORTF มีขนาด 8 bits คือ PF0-PF7
- ET-CLCD สำหรับเชื่อมต่อกับ LCD ชนิด Character Type
- RS232 จำนวน 2 ช่อง โดยเชื่อมต่อกับสัญญาณ PE0 (RXD0) และPE1 (TXD0) จำนวน 1 ช่อง ส่วนที่เหลืออีก 1 ช่อง จะต่อกับสัญญาณ PD2 (RXD1) และ PD3 (TXD1) เพื่อให้ผู้ใช้สามารถต่อทดลองการติดต่อสื่อสาร RS232 เพื่อแสดงการต่อกันกับไมโครคอนโทรเลอร์ และพอร์ตการสื่อสาร

ทฤษฎีกำลังไฟฟ้า

กำลังไฟฟ้าเมื่อถูกนำมาใช้งานร่วมกับกฎของโอห์ม สามารถสรุปผลได้ดังนี้ กำลังไฟฟ้า (P) วัตต์ (W) คือ อัตราของงานที่ถูกกระทำในวงจรซึ่งเกิดกระแส (I) 1 แอมแปร์ (A) เมื่อแรงดัน (E) จ่ายให้วงจร 1 โวลต์ (V) กำลังไฟฟ้า หาได้จากผลคูณของแรงดัน มีหน่วยเป็นโวลต์ คูณด้วยกระแส มีหน่วยเป็นแอมแปร์ เขียนเป็นสมการออกมาได้ดังสมการ

การคำนวณหาค่ากำลังไฟฟ้า

กำลังไฟฟ้า หมายถึง พลังงานไฟฟ้าที่เครื่องใช้ไฟฟ้า ใช้ในเวลา 1 วินาทีเครื่องใช้ไฟฟ้าแต่ละชนิด เช่น หม้อหุงข้าว เตารีด หลอดไฟฟ้า พัดลม ฯลฯ จะมีตัวเลขกำกับไว้ที่เครื่องใช้ไฟฟ้า เช่น เตารีดไฟฟ้า มีตัวเลขกำกับว่า 220V 1000W มีความหมายดังนี้ 220V แสดงว่าเตารีดนี้ ใช้กับไฟฟ้าที่มีความต่างศักย์ 220โวลต์ 1000W แสดงว่าเตารีดนี้ ใช้กำลังไฟฟ้า 1000 วัตต์ ซึ่งหมายถึง เตารีดนี้จะใช้พลังงานไฟฟ้า 1000 จูล ในเวลา 1 วินาที

กำลังไฟฟ้าของเครื่องใช้ไฟฟ้า คำนวณได้จาก พลังงานไฟฟ้าที่เครื่องใช้ไฟฟ้าใช้ไปในเวลา 1วินาที

สูตร กำลังไฟฟ้า x เวลา = พลังงานไฟฟ้า

กำลังไฟฟ้าของเครื่องใช้ไฟฟ้า คำนวณได้จากปริมาณกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านเครื่องใช้ไฟฟ้า ถ้ามีกระแสไฟฟ้าไหลผ่านมาก แสดงว่า เครื่องใช้ไฟฟ้านั้นใช้พลังงานไฟฟ้ามาก แสดงว่า ใช้กำลังไฟฟ้ามาก

สูตร $P = VI$

พลังงานไฟฟ้า

พลังงานไฟฟ้า (Electrical Energy) คือพลังงานที่ใช้ไปหรือสร้างขึ้นมาใหม่จากกำลังไฟฟ้าที่ส่งเข้ามาหรือส่งออกไป โดยมีความสัมพันธ์กับเวล มีหน่วยใช้แสดงพลังงานเป็นจุล (J) พลังงานไฟฟ้าใช้สัญลักษณ์ตัว “W” สามารถเขียนสมการได้ดังนี้

$$W = Pt$$

เมื่อ W = พลังงานไฟฟ้า หน่วยจูล (J)

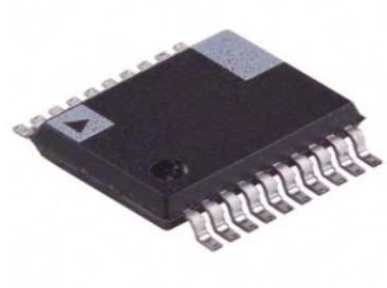
P = กำลังไฟฟ้า หน่วยวัตต์ (W)

t = เวลา หน่วยวินาที (s)

พลังงานไฟฟ้าเหล่านี้มิได้ถูกคิดออกมาเป็นจูล (J) แต่จะคิดออกมาเป็นกิโลวัตต์ - ชั่วโมง (Kilowatt-houre, kWh) ไม่ได้จัดเป็นหน่วย SI แต่มีความสัมพันธ์กับหน่วยระบบ SI โดยคิดค่ากำลังไฟฟ้าที่ใช้เป็นกิโลวัตต์ (kW) คิดในเวลาเป็นชั่วโมง (h) เขียนสมการออกมาได้ดังนี้

$$W(kWh) = P(kW) \times t(h)$$

2.3 IC Power Chip



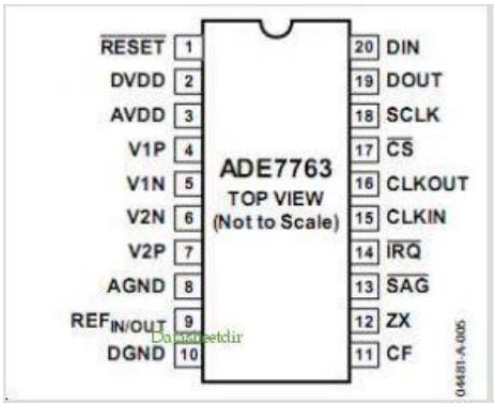
ภาพที่ 2.5 ADE7763

ADE7763 เป็น Power IC chip ของบริษัท Analog Devices ซึ่ง IC ตัวนี้มีความสามารถในการวัด คำนวณค่าทางไฟฟ้าออกมาได้หลากหลาย และมีความแม่นยำสูง มีความสามารถในการวัดแรงดัน กระแส รวมไปถึงค่ากำลังไฟฟ้าต่าง ๆ เช่น กำลังไฟฟ้าจริง (Active Power) และกำลังไฟฟ้าปรากฏ (Apparent Power) โดยเอาท์พุต (Output) ที่ได้นั้นจะเป็นค่าดิจิตอล

ADE7763 มีส่วนที่ใช้ติดต่อกับอุปกรณ์ภายนอกแบบอนุกรม (SPI: Serial Peripheral Interface) เพื่อใช้ในการติดต่อระหว่าง Power IC กับไมโครคอนโทรลเลอร์ได้อีกด้วย

ADE7763 มีอินพุต (Input) ออกสองทาง คือ ทางที่หนึ่งเป็นอินพุต (Input) สำหรับวัดค่ากระแสไฟฟ้า (Current Channel) และอีกทางคืออินพุต (Input) ของแรงดันไฟฟ้า (Voltage Channel) ซึ่งทั้งสอง Channel นี้ รับค่าแรงดันไฟฟ้าได้มากที่สุดไม่เกิน ±0.5 Vrms หลังจากนั้นสัญญาณจะผ่านเข้ามาที่ตัวขยายสัญญาณ (Amplifier) ต่อมาสัญญาณที่วัดได้ก็จะผ่านตัวแปลงสัญญาณจากอนาล็อกเป็นดิจิตอล (A to D) จากนั้นผ่านเข้าสู่ตัวกรองความถี่สูง (High Pass Filter) เพื่อตัดสัญญาณรบกวนต่าง ๆ ออก และเมื่อสัญญาณผ่านวงจรอินทิเกรเตอร์ (Integrator) ทั้งสอง Channel สัญญาณจะแบ่งออกเป็นสองส่วน โดยส่วนที่หนึ่งจะนำไปคูณกับแรงดันไฟฟ้า ผลที่ได้จะเป็นกำลังไฟฟ้าจริง (Active Power) มีหน่วยเป็นวัตต์ (Watt) และนำค่าที่ได้เก็บไว้ในรีจิสเตอร์ ซึ่งจะ

สะสมค่าเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ ดังนั้นค่าในรีจิสเตอร์จึงเป็นค่าพลังงานไฟฟ้าจริง (Active Energy) ส่วนสัญญาณที่สองนั้นจะนำมาคำนวณเป็นค่ารากของกำลังสองเฉลี่ย (rms) ก่อนที่จะนำมาคูณกับแรงดันไฟฟ้า (rms) เพื่อให้ได้กำลังไฟฟ้าปรากฏ (Apparent Power) มีหน่วยเป็น VA (Volt-Amp) และนำค่าที่ได้เก็บไว้ในรีจิสเตอร์ ซึ่งจะสะสมค่าเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ ดังนั้นค่าในรีจิสเตอร์จึงเป็นค่าพลังงานไฟฟ้าปรากฏ (Apparent Energy)



ภาพที่ 2.6 ADE7763 (2)

Voltage Channel เป็นอีก Input ซึ่งสัญญาณแรงดันไฟฟ้าผ่านเข้ามาแล้ว จะต้องผ่านตัวแปลงสัญญาณจากอนาล็อกเป็นดิจิตอล จากนั้นต้องผ่านส่วนการคำนวณ Phase ซึ่งเมื่อสัญญาณผ่านออกมาแล้ว จะแบ่งออกเป็นสามส่วน ส่วนที่หนึ่งจะไปคูณกับสัญญาณกระแส ซึ่งจะได้ผลลัพธ์ออกมาเป็นกำลังไฟฟ้าจริงดังที่กล่าวไว้ ส่วนที่สองจะนำไปคำนวณเป็นค่ารากที่สองของกำลังสองเฉลี่ย (rms) เพื่อคูณกับกระแส จากช่องทางที่หนึ่งที่เป็นค่ารากที่สองของกำลังสองเฉลี่ย (rms) เช่นกัน เพื่อให้ได้เป็นกำลังไฟฟ้าปรากฏ (Apparent Power) และส่วนที่สาม จะถูกนำค่าไปเก็บไว้ในรีจิสเตอร์ เพื่อส่งข้อมูลออกต่อไป

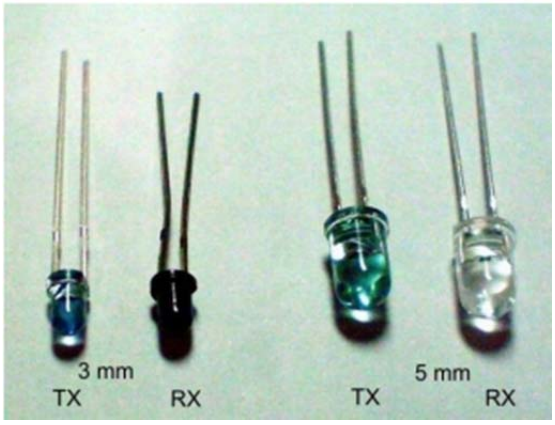
2.4 ตัวตรวจจับแบบอินฟาเรด

เซนเซอร์เป็นอุปกรณ์ที่ใช้ตรวจจับสภาวะใด ๆ เช่น อุณหภูมิ สี แสง หรือวัตถุต่าง ๆ โดยอาศัยหลักการที่แตกต่างกันไปตามแต่ชนิด เช่น เซนเซอร์สีขาวดำ โดยอาศัยหลักการสะท้อนแสงของสีขาวและดำ ทางฟิสิกส์แล้วจะเห็นว่าสีขาวมีอัตราการสะท้อนแสงมากกว่าสีดำ เราจึงสามารถนำแสงสะท้อนมาเปรียบเทียบได้ โดยใช้ตัวเซนเซอร์คือ อุปกรณ์จำพวกโฟโต้ เช่น โฟโต้ไดโอด โฟโต้ทรานซิสเตอร์ LDR เป็นต้น ซึ่งมีความไวต่อแสงมาก โดยส่วนใหญ่จะแสดงผลเอาต์พุตในรูปของความต้านทานที่เปลี่ยนไปตามสภาวะของตัวเซนเซอร์นั้น ๆ ซึ่งในงานวิจัยนี้เลือกใช้เซนเซอร์ LDR (Light Dependent Resistor) หรืออินฟราเรด ซึ่งมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

อินฟราเรดเซนเซอร์ (Infrared Sensor)

อินฟราเรดเป็นแสงที่มีความยาวคลื่นอยู่ในช่วงประมาณ 780 - 3,000 นาโนเมตร ซึ่งเป็นแสงที่ไม่สามารถมองเห็นได้ด้วยตาเปล่า เนื่องจากแสงอินฟราเรดมีความยาวคลื่นที่สั้นมีคุณสมบัติที่เด่น คือ

จะเดินทางเป็นแนวเส้นตรง และไม่สามารถเดินทางผ่านสิ่งกีดขวางหรือวัตถุได้จึงเป็นที่นิยมนำมาใช้ในการสื่อสารในระยะสั้น ๆ เช่น รีโมทสำหรับควบคุมวิทยุ โทรทัศน์ หรือตรวจจับสิ่งของต่าง ๆ เป็นต้น เพราะปัญหาการรบกวนของสัญญาณจากแสงอื่น ๆ มีน้อย อีกทั้งการสร้างวงจรที่ใช้ในระบบอินฟราเรดไม่มีความซับซ้อนมากนักและความน่าเชื่อถือของสัญญาณที่ส่งก็มีความเชื่อถือที่สูงในการนำไปใช้งาน อินฟราเรดเซนเซอร์จะประกอบด้วย 2 ส่วนใหญ่ ๆ คือ ส่วนตัวรับและตัวส่ง โดยในระบบอินฟราเรดจะต้องมีเครื่องส่งและเครื่องรับ ซึ่งการสร้างเครื่องส่งนั้นก็เพียงแค่ให้มีการส่งแสงออกมาในช่วงความถี่ที่สูงกว่าความถี่ทั่ว ๆ ไปของแสงธรรมดา คือต้องมากกว่า 20 kHz โดยจะใช้ IR LED เป็นตัวขับแสงอินฟราเรด ส่วนการสร้างเครื่องรับนั้นจะใช้โฟโต้ไดโอดหรือโฟโต้ทรานซิสเตอร์เป็นตัวรับแสงโดยที่ทั้งเครื่องรับและเครื่องส่งจะต้องมีความถี่เท่ากัน



ภาพที่ 2.7 ตัวตรวจจับแบบอินฟาเรด

ส่วนตัวส่งจะทำหน้าที่ส่งแสงอินฟราเรดให้กับเครื่องรับ ใช้ IR LED เป็นตัวขับแสงอินฟราเรด แสงที่ส่งออกมาจะมีช่วงความถี่ที่สูงกว่าความถี่ของแสงธรรมดาทั่ว ๆ ไป คือ มากกว่า 20 kHz

ส่วนตัวรับจะใช้โฟโต้ไดโอด โฟโต้ทรานซิสเตอร์หรือแอลดีอาร์เป็นตัวรับแสงก็ได้โดยที่ทั้งเครื่องรับและส่งจะต้องตอบสนองความถี่เท่ากัน เพราะถ้าไม่เท่ากันจะทำให้ไม่สามารถรับส่งสัญญาณได้

การทำงานของอินฟราเรดเซนเซอร์

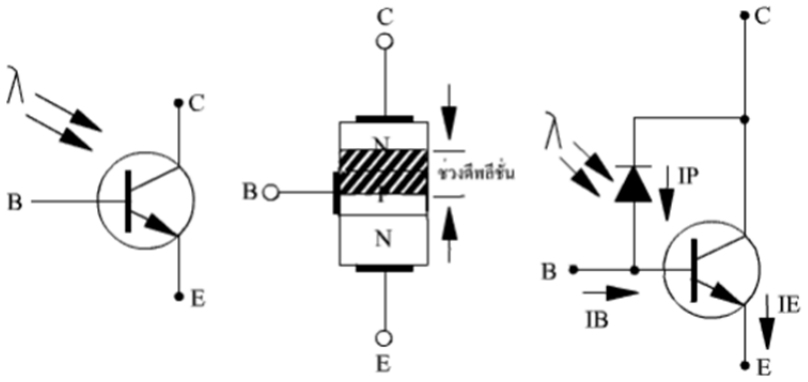
อินฟราเรดเซนเซอร์จะมีหลักการทำงาน คือจะส่งแสงอินฟราเรดจากเครื่องรับไปยังเครื่องส่ง โดยจะแบ่งออกเป็น 2 ประเภทใหญ่ ๆ คือ เครื่องรับและเครื่องส่งอยู่ที่เดียวกัน และเครื่องรับเครื่องส่งอยู่คนละที่กัน

1. เครื่องรับและเครื่องส่งอยู่ที่เดียวกัน จะใช้หลักการสะท้อนกับวัตถุเมื่อมีวัตถุผ่านหรือขวางกั้นอยู่ เพื่อให้ระบบทำงานแต่ถ้าวัตถุไม่สะท้อนแสงหรือสะท้อนแสงได้น้อย เช่น วัตถุสีดำ ตัวเซนเซอร์ก็จะไม่ทำงานหรือทำงานได้ไม่ดี

2. เครื่องรับเครื่องส่งอยู่คนละที่กัน จะอาศัยหลักการของการตัดเส้นทางเดินของแสง เมื่อมีการตัดเส้นทางเดินของแสงระบบจะทำงาน โดยจะมีการนำไปประยุกต์ใช้งานมากมาย เช่น ทำวงจรตรวจจับคนเดินผ่าน เป็นต้น

โฟโต้ทรานซิสเตอร์ (Photo Transistor)

โฟโต้ทรานซิสเตอร์ (Photo Transistor) ประกอบด้วยโฟโต้ไดโอดซึ่งต่ออยู่ระหว่างขาเบสกับคอลเลคเตอร์ของทรานซิสเตอร์ ดังรูปที่ 2.7 กระแสที่เกิดขึ้นจากการเปลี่ยนแปลงของแสงจะถูกขยายด้วยทรานซิสเตอร์ (Transistor) ในการใช้งานโฟโต้ทรานซิสเตอร์ รอยต่อระหว่างเบส-อิมิตเตอร์ (Base-Emitter) จะต่อไบอัสกลับ (Reverse Bias) ที่รอยต่อนี้เองเป็นส่วนที่ทำให้เกิดการแปลงค่ากระแสที่ขึ้นอยู่กับความเข้มแสง รูปที่ 2.8 แสดงสัญลักษณ์ โครงสร้างและวงจรสมมูลของโฟโต้ทรานซิสเตอร์เมื่อไบอัสกลับ (Reverse Bias) ที่รอยต่อระหว่างเบสกับคอลเลคเตอร์ (Base-Collector) และมีแสงตกกระทบที่บริเวณรอยต่อ กระแสอันเนื่องจากแสง (IP) จะถูกขยายด้วยอัตราขยายของทรานซิสเตอร์เป็นกระแสอิมิตเตอร์(IE) และถ้าไบอัสตรงที่ขาเบสด้วยกระแสเบส (IB) จากภายนอกก็จะถูกขยายรวมกับกระแสเนื่องจากแสง (IP) ด้วย



ภาพที่ 2.8 วงจรสมมูลของโฟโต้ทรานซิสเตอร์ ทำหน้าที่เป็นตัวรับ

IP = กระแสที่เกิดขึ้นเนื่องจากแสง

IB = กระแสเบสที่มาจากภายนอก

IE = กระแสอิมิตเตอร์

hfe = อัตราขยายของทรานซิสเตอร์

จากสมการของทรานซิสเตอร์คือ

IC = hfeIB

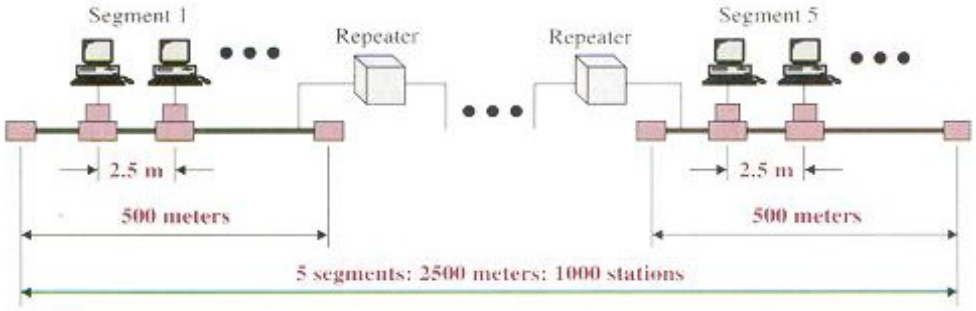
และ IE = IC + (IB± IP)

จะได้ IE = IC + (IB±IP) hfe + I

จะเห็นได้ว่ากระแส IE เปลี่ยนแปลงตามกระแส IP ด้วยอัตราขยายถึง hfe+1 เท่า ซึ่งถ้า IP มีค่าเปลี่ยนแปลงจาก 1-10mA และทำให้ hfe มีค่าประมาณ 100 จะได้ค่า IE เปลี่ยนแปลงจาก 100nA ถึง 1mA อัตราขยายกระแสยิ่งสูงจะทำให้ผลตอบสนองต่อแสงจะไวขึ้น ค่า hfe สูง ๆ จะต้องทำให้รอยต่อระหว่างเบสกับคอลเล็กเตอร์มีพื้นที่มาก แต่ก็ทำให้กระแสรั่วไหลสูงขึ้นด้วย เพราะรอยต่อจะถูกไบอัสกลับ (Reverse Bias)

2.5 ระบบเครือข่ายคอมพิวเตอร์ (Ethernet)

ในปี ค.ศ. 1973 บ็อบ เม็ทคาลเฟ (Bob Metcalfe) ได้คิดค้นระบบอีเธอร์เน็ต (Ethernet) ในการรับส่งข้อมูลระหว่างคอมพิวเตอร์และสามารถส่งข้อมูลไปยังเครื่องพิมพ์ได้ หลังจากนั้นอีเธอร์เน็ต (Ethernet) ได้ถูกพัฒนาต่อที่ PARC (Pale Alto Research Center) ซึ่งเป็นศูนย์วิจัยของบริษัทซีร็อกซ์ (Xerox) จุดประสงค์ของการสร้างอีเธอร์เน็ต (Ethernet) ในตอนแรกนั้นเพื่อให้นักวิจัยสามารถแชร์ข้อมูลร่วมกันได้เท่านั้น ไม่ใช่เป็นการพัฒนาเทคโนโลยีใหม่ ในสมัยแรกจะใช้สายโคแอ็กแบบหนาเป็นสายสัญญาณในการเชื่อมต่อคอมพิวเตอร์เหล่านั้น ในตอนนั้นอีเธอร์เน็ต (Ethernet) ถือเป็นเทคโนโลยีที่น่าทึ่งมากในการใช้คอมพิวเตอร์ในสมัยนั้น เพราะคอมพิวเตอร์ส่วนใหญ่จะเป็นเครื่องเมนเฟรมที่มีราคาแพงมาก มีน้อยคนที่สามารถซื้อเครื่องเมนเฟรมมาใช้ และคนส่วนใหญ่จะไม่รู้จักการใช้เมนเฟรม แต่การพัฒนาอีเธอเน็ตทำให้การใช้คอมพิวเตอร์แพร่หลายมากขึ้นในปี 1973 เม็ทคาลเฟได้เขียนอธิบายระบบเครือข่ายที่มีการพัฒนาจากเครือข่ายอโลฮา ซึ่งได้ถูกพัฒนาที่มหาวิทยาลัยฮาวายในทศวรรษ 1960 โดยนอร์แมน แอ็บแรมสัน (Norman Abramson) และเพื่อนร่วมงาน โดยได้พัฒนาระบบวิทยุสื่อสารระหว่างเกาะต่าง ๆ การพัฒนานี่เป็นการพัฒนาระบบเพื่อแชร์กลางการรับส่งข้อมูลซึ่งในที่นี้ คือ อากาศที่เป็นสื่อนำคลื่นวิทยุนั่นเองในช่วงแรกนั้นอีเธอร์เน็ต (Ethernet) เป็นลิขสิทธิ์ของบริษัทซีร็อกซ์บริษัทเดียวเท่านั้น ต่อมามาตรฐานอีเธอร์เน็ต (Ethernet) ที่ความเร็ว 10 Mbps ได้ประกาศใช้เมื่อปี 1980 โดยความร่วมมือของ 3 บริษัทคือ DEC-Intel-Xerox หรือเรียกสั้น ๆ ว่า DIX และในขณะเดียวกัน IEEE ก็ได้พัฒนามาตรฐานอีเธอร์เน็ต (Ethernet) เช่นกันคือมาตรฐาน IEEE 802.3 ซึ่งได้พัฒนามาจาก DIX อีกทีหนึ่ง มาตรฐาน IEEE ถูกตีพิมพ์ครั้งแรกในปี 1985 และต่อมา ISO (International Organization for Standardization) ก็ได้ยอมรับเอามาตรฐาน IEEE 802.3 นี้เป็นมาตรฐานอีเธอร์เน็ต (Ethernet) นานาชาติ ทำให้บริษัทใดก็ได้สามารถผลิตอุปกรณ์อีเธอร์เน็ต (Ethernet) โดยที่ไม่ต้องเสียลิขสิทธิ์ให้กับใคร หลังจากนั้นทำให้การใช้งานอีเธอร์เน็ต (Ethernet) แพร่ไปทั่วโลกอย่างรวดเร็ว จนกลายเป็นเทคโนโลยีเครือข่ายยอดนิยมในปัจจุบัน



ภาพที่ 2.9 การใช้งาน Ethernet

หลังจากที่ IEEE ได้ตีพิมพ์มาตรฐานอีเธอร์เน็ต (Ethernet) ตั้งแต่ปี 1985 แล้วก็ได้มีการพัฒนามาตรฐานมาเรื่อย ๆ มาตรฐานแรกนั้นจะใช้สายโคแอ็กซ์แบบหนา (Thicknet Cable) และต่อมาได้เปลี่ยนมาใช้สายโคแอ็กแบบบาง (Thinnet Cable) หลังจากนั้นก็ได้พัฒนาสายสัญญาณอื่น ๆ เช่น

สายคู่เกลียวบิดและสายไฟเบอร์ เป็นต้น และได้มีการปรับปรุงความเร็วมาเป็น 100 Mbps และ 1000 Mbps ปัจจุบันมาตรฐานล่าสุดของอีเธอร์เน็ต (Ethernet) อยู่ที่ 10 Gbps

IEEE 802.3 CSMA/CD-1985 มาตรฐานอีเธอร์เน็ต (Ethernet) ที่ตีพิมพ์ครั้งแรก ซึ่งประกอบด้วยวิธีการเข้าใช้สื่อกลางแบบ CSMA/CD และข้อกำหนดเกี่ยวกับชั้นกายภาพ

IEEE 802.3a-1985 10 BASE 2 Thin Ethernet : เปลี่ยนมาใช้สายโคแอ็กซ์แบบหนา

IEEE 802.3c-1985 10 Mbps repeater specification clause 9 : ข้อกำหนดเพิ่มเติมเกี่ยวกับอุปกรณ์

IEEE 802.3d-1987 FOIRL fiber link : เริ่มนำสายไฟเบอร์มาใช้เป็นสื่อกลาง

IEEE 802.3i-1990 10 BASE - T twisted-pair : ใช้สายคู่เกลียวบิด หรือ UTP

IEEE 802.3j-1993 10 BASE - F fiber optic : มาตรฐานสายไฟเบอร์

IEEE 802.3u-1995 10 BASE - T Fast Ethernet and Auto-Negotiation : เพิ่มความเร็ว 10 เท่า และข้อกำหนดเกี่ยวกับการเลือกใช้ความเร็วโดยอัตโนมัติ

IEEE 802.3x-1997 Full-Duplex standard : มาตรฐานเกี่ยวกับฟูลล์ดูเพล็กซ์

IEEE 802.3z-1998 1000 BASE - X Gigabit Ethernet : ปรับความเร็วเพิ่มอีก 10 เท่า

IEEE 802.3ac-1998 VLAN tag : ข้อกำหนดเกี่ยวกับเฟรมข้อมูลของ VLAN

IEEE 802.3ab-1999 1000 BASE - T : ข้อกำหนดที่ใช้สายคู่เกลียวบิด

IEEE 802.3ad-2000 Link aggregation for parallel links : ข้อกำหนดเกี่ยวกับการเพิ่มแบนด์วิธด้วยการเพิ่มลิงค์

IEEE 802.3ae-2002 10 Gbps Ethernet : ปรับเพิ่มความเร็วเป็น 10 เท่า

สถาปัตยกรรม IEEE802.3 อีเธอร์เน็ต

ในสมัยแรกคำว่า “อีเธอร์เน็ต กับ CSMA/CD” มักจะหมายถึงระบบเครือข่ายชนิดเดียวกัน เนื่องจากอีเธอร์เน็ต (Ethernet) จะใช้โปรโตคอล CSMA/CD ในการเข้าถึงสื่อกลางในการรับส่งข้อมูล แต่ปัจจุบันความหมายของอีเธอร์เน็ต (Ethernet) ได้เปลี่ยนไปเพราะได้มีการปรับปรุงเทคโนโลยี เช่น อีเธอร์เน็ตความเร็วสูง (Fast Ethernet) ได้พัฒนาโปโตคอลในชั้นกายภาพใหม่ และมีการปรับเปลี่ยนกลไกในการเข้าใช้สื่อกลางเล็กน้อย สิ่งที่สำคัญที่สุดคือ การเพิ่มการรับส่งข้อมูลแบบฟูลล์ดูเพล็ก (Full Duplex) หรือการสื่อสารข้อมูลที่สามารถรับส่งข้อมูลในเวลาเดียวกัน ซึ่งการรับส่งข้อมูลแบบนี้จะใช้สายคู่บิดเกลียวในการส่งข้อมูลและอีกหนึ่งคู่ในการรับข้อมูล เมื่อใช้เทคโนโลยีสวิตชิ่ง (Switching) ทำให้กำจัดปัญหาในการเข้าใช้สื่อกลางได้ เนื่องจากไม่จำเป็นต้องแชร์สื่อนำสัญญาณร่วมกันอุปกรณ์เครือข่ายสามารถรับส่งข้อมูลได้ในอัตราที่สูงขึ้น ซึ่งประสิทธิภาพของเครือข่ายจะถูกจำกัดโดยสายสัญญาณที่ใช้มากกว่า ดังนั้น คำว่า CSMA/CD ก็จะใช้แทนคำว่าอีเธอร์เน็ต (Ethernet) ไม่ได้อีกต่อไป

อีกคำหนึ่งคือ บรอดแบนด์ (Broadband) กับเบสแบนด์ (Baseband) อีเธอร์เน็ตเกือบทุกประเภทจะเป็นแบบเบสแบนด์ มีบางประเภทที่เป็นบรอดแบนด์ เช่น 10Broad36 แต่มีการใช้เครือข่ายประเภทนี้จริงน้อยมากและช่วงหลัง ๆ แทบจะไม่มีมาตรฐานอีเธอร์เน็ตที่เป็นแบบบรอดแบนด์เลย เพราะฉะนั้นเมื่อกล่าวถึงอีเธอร์เน็ตมักจะหมายถึงการส่งข้อมูลแบบเบสแบนด์เพื่อไม่เป็นการสับสนกับชื่อต่าง ๆ จะขอสรุปการเรียกชื่อดังนี้ เมื่อกล่าวถึงอีเธอร์เน็ตจะหมายถึงอีเธอร์เน็ตแบบดั้งเดิมที่มีความเร็วที่ 10 Mbps ส่วนคำว่าอีเธอร์เน็ตความเร็วสูงหรือฟาสต์อีเธอร์เน็ต (Fast

Ethernet) จะหมายถึงหมายถึงอีเธอร์เน็ตที่มีความเร็ว 100 Mbps ส่วนกิกะบิตอีเธอร์เน็ต (Gigabit Ethernet) จะหมายถึงอีเธอร์เน็ตที่มีความเร็ว 1,000 Mbps หรือ 1 Gbps และสุดท้ายเทนกิกะบิตอีเธอร์เน็ตนั้น จะหมายถึงอีเธอร์เน็ตที่ความเร็ว 10 Gbps หรือบางทีก็เรียกว่า 10GbE ก็ได้เช่นกัน คณะชุดทำงานของสถาบัน IEEE ได้ออกแบบอีเธอร์เน็ตโดยการแบ่งแยกหน้าที่หรือฟังก์ชันของ LAN (Local Area Network) ออกเป็นส่วนย่อย ๆ หรือเลเยอร์ (Layer) ตามลำดับขั้นตอนของเหตุการณ์ต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นระหว่างการสื่อสารผ่านเครือข่าย

ดาต้าลิงค์เลเยอร์ (Data Link Layer)

IEEE ได้แบ่งชั้นเชื่อมโยงข้อมูลหรือดาต้าลิงค์เลเยอร์ (Data Link Layer) ออกเป็น 2 เลเยอร์ย่อย คือ LLC (Logical Link Control) และ MAC (Media Access Control) ทั้งสองเลเยอร์ย่อยนี้ถือได้ว่าเป็นหัวใจของอีเธอร์เน็ต เนื่องจากเป็นเลเยอร์ที่สร้างเฟรมข้อมูลและที่อยู่ (Addressing) และชั้นที่ทำให้ข้อมูลส่งถึงปลายทางอย่างถูกต้อง และในสองเลเยอร์นี้ยังรับผิดชอบเกี่ยวกับกลไกการตรวจสอบข้อผิดพลาดที่อาจเกิดขึ้นระหว่างการรับส่งข้อมูล และถ้ามีข้อผิดพลาดเกิดขึ้นก็จะเตรียมการในการส่งข้อมูลใหม่ โดยสรุปก็คือ เป็นเลเยอร์ที่ควบคุมการรับส่งข้อมูล ถึงแม้ว่าจะไม่ใช่เลเยอร์ที่ส่งข้อมูลจริง ๆ ก็ตาม เลเยอร์ที่ทำการรับส่งข้อมูลจริง ๆ ก็คือ ฟิสิคอลเลเยอร์ (Physical Layer) นั่นเอง

Logical Link Control

LLC (Logical Link Control) เป็นเลเยอร์ที่อยู่ด้านบนของดาต้าลิงค์เลเยอร์ (Data Link Layer) ซึ่งจะให้บริการกับโปโตคอลของเลเยอร์บนในการเข้าใช้สื่อกลางหรือสายสัญญาณในการรับส่งข้อมูล ตามมาตรฐาน IEEE802 แล้วจะอนุญาตให้สถาปัตยกรรมของ LAN ที่ต่างกันสามารถทำงานร่วมกันได้ กล่าวคือ โปรโตคอลเลเยอร์บนไม่จำเป็นต้องทราบว่าฟิซิคอลเลเยอร์ (Physical Layer) ใช้สายสัญญาณประเภทใดในการรับส่งข้อมูล เพราะ LLC จะรับผิดชอบแทนในการปรับเฟรมข้อมูลให้สามารถส่งไปได้ในสายสัญญาณประเภทนั้น ๆ LLC เป็นเลเยอร์ที่แยกชั้นเครือข่าย (Network Layer) ออกจากการเปลี่ยนแปลงบ่อย ๆ ของสถาปัตยกรรมของ LAN โดยโปรโตคอลของเลเยอร์ที่สูงกว่าไม่จำเป็นต้องสนใจว่าแพ็กเก็ตจะส่งผ่านเครือข่ายแบบอีเธอร์เน็ต โทเคนริง หรือ ATM และไม่จำเป็นต้องรู้ว่าการส่งผ่านข้อมูลในขั้นกายภาพจะใช้การรับส่งข้อมูลแบบใด ชั้น LLC จะจัดการเรื่องเหล่านี้ได้ทั้งหมด

Media Access Control

MAC (Media Access Control) เป็นเลเยอร์ย่อยที่ล่างสุดของดาต้าลิงค์เลเยอร์ ซึ่งจะทำหน้าที่เชื่อมต่อกับฟิสิคอลเลเยอร์ และรับผิดชอบในการรับส่งข้อมูลให้สำเร็จและถูกต้อง โดยจะแบ่งหน้าที่ออกเป็นสองส่วนคือ การส่งข้อมูลและการรับข้อมูล MAC จะทำหน้าที่ห่อหุ้มข้อมูลที่ส่งผ่านจากชั้น LLC และทำให้อยู่ในรูปของเฟรมข้อมูล ซึ่งเฟรมข้อมูลนี้จะประกอบด้วยที่อยู่ และข้อมูลต่าง ๆ ที่จำเป็นสำหรับการส่งข้อมูลให้ถึงปลายทาง ชั้น MAC ยังรับผิดชอบในการสร้างกลไกสำหรับตรวจสอบข้อผิดพลาดของข้อมูลในเฟรมนั้น ๆ ในระหว่างการรับส่งเฟรมด้วย นอกจากนี้ MAC ยังตรวจสอบชั้นกายภาพว่าช่องสัญญาณพร้อมสำหรับการส่งข้อมูลหรือไม่ ถ้าพร้อมเฟรมก็จะส่งต่อไปชั้นกายภาพเพื่อทำการส่งไปตามสายสัญญาณต่อไป แต่ถ้ายังไม่พร้อมชั้น MAC ก็จะรอจนกว่าจะว่างแล้วค่อยทำการส่งข้อมูล หน้าที่สุดท้ายของชั้น MAC คือ การตรวจสอบสถานภาพของเฟรมที่กำลังส่งว่ามีการชนกันของเฟรมข้อมูลหรือไม่ ถ้าหากมีการชนกันเกิดขึ้นก็หยุดการส่งข้อมูลและเข้าสู่กลไกการ

รอด้วยช่วงเวลาที่เป็นเลขสุ่ม เพื่อทำการส่งข้อมูลใหม่อีกครั้ง ซึ่งจะทำเช่นนี้ไปเรื่อย ๆ จนกว่าจะทำการส่งข้อมูลได้สำเร็จ กระบวนการส่งข้อมูลที่ว่านี้เป็นทั้งข้อดีข้อเสียของอีเธอร์เน็ต ข้อดีก็คือ เป็นการรับรองให้แก่โปรโตคอลชั้นที่อยู่เหนือกว่ามั่นใจว่าข้อมูลจะถูกส่งไปถึงปลายทางอย่างแน่นอน แต่ในขณะเดียวกันข้อเสียก็คือ การส่งข้อมูลอาจใช้เวลานานมากถ้ามีการใช้เครือข่ายมาก

โปรโตคอล CSMA/CD

อีเธอร์เน็ตได้ถูกคิดค้นขึ้นตั้งแต่ทศวรรษที่ 1970 และยังคงเป็นเทคโนโลยีชั้นนำของเครือข่ายอีเธอร์เน็ตตั้งอยู่บนมาตรฐานการส่งข้อมูลหรือโปรโตคอล CSMA/CD (Carrier Sense Multiple Access with Collision Detection) ซึ่งเป็นโปรโตคอลที่รับส่งข้อมูลแบบฮาล์ฟดูเพล็กซ์ (Half-Duplex) โปรโตคอลนี้ใช้สำหรับการเข้าใช้สื่อกลางที่แชร์กันในการส่งสัญญาณระหว่างโหนดในเครือข่าย ซึ่งมีขั้นตอนดังนี้ เมื่อโหนดใด ๆ ต้องการที่จะส่งข้อมูลจะต้องคอยฟังก่อน ว่ามีโหนดอื่นกำลังส่งข้อมูลอยู่หรือไม่ ถ้ามีให้รอจนกว่าโหนดนั้นส่งข้อมูลเสร็จก่อน แล้วค่อยเริ่มส่งข้อมูลและในขณะที่กำลังส่งข้อมูลอยู่นั้นต้องตรวจสอบว่ามีการชนกันของข้อมูลเกิดขึ้นหรือไม่ ถ้ามีการชนกันของข้อมูลเกิดขึ้นให้หยุดทำการส่งข้อมูลทันที แล้วค่อยเริ่มกระบวนการส่งข้อมูลใหม่อีกครั้ง เนื่องจากแต่ละโหนดใช้สื่อกลางร่วมกันซึ่งเรียกว่า บัส (Bus) ฉะนั้นจึงมีโหนดที่ส่งข้อมูลได้แค่โหนดเดียวในขณะใดขณะหนึ่ง การชนกันของข้อมูลก็มีโอกาสเกิดขึ้นเนื่องจากการที่มีโหนดมากกว่าหนึ่งโหนดที่ทำการส่งข้อมูลไปบนสื่อกลางในเวลาเดียวกัน ผลที่ได้คือ ข้อมูลก็จะกลายเป็นขยะหรืออ่านไม่ได้ทันที เมื่อมีจำนวนโหนดเพิ่มมากขึ้นความน่าจะเป็นที่ข้อมูลจะชนกันก็เพิ่มขึ้นตามลำดับ

การชนกันของข้อมูลเป็นเรื่องธรรมดาของเครือข่ายอีเธอร์เน็ต แต่ถ้าเกิดขึ้นบ่อยเกินไปอาจทำให้เครือข่ายช้าหรือใช้การไม่ได้เลย เมื่อแบนด์วิธหรืออัตราการส่งข้อมูลของเครือข่ายถูกใช้มากกว่า 50 % การชนกันของข้อมูลก็เริ่มที่จะก่อให้เกิดความคับคั่งในเครือข่าย ผลก็คือการพิมพ์เอกสารอาจใช้เวลามากขึ้น หรือการถ่ายโอนไฟล์จะช้าลง ถ้ามีการใช้มากกว่า 60 % เครือข่ายจะช้าลงอย่างเห็นได้ชัดหรืออาจทำให้เครือข่ายใช้การไม่ได้เลย

ค่าดีเลย์ (Round-Trip Delay)

การชนกันของข้อมูล (Collision) ในเครือข่ายอีเธอร์เน็ตนั้นเป็นเรื่องธรรมดา แต่ระบบ MAC มีกลไกในการตรวจเช็คว่ามีการชนกันของข้อมูลเกิดขึ้นหรือไม่ เพื่อให้การตรวจเช็คการชนกันของข้อมูลเป็นไปได้ แต่ละสถานีต้องสามารถโต้ตอบกันได้ภายในเวลาที่จำกัด ค่าดีเลย์คือเวลาในการเดินทางไปกลับของสัญญาณ ระหว่างสถานีส่งและสถานีรับมาตรฐานอีเธอร์เน็ตกำหนดให้มีค่าความล่าช้าของสัญญาณหรือดีเลย์ได้ไม่เกิน 51.2 ns สำหรับอีเธอร์เน็ตที่ความเร็ว 10 Mbps และ 5.12 ns สำหรับอีเธอร์เน็ตที่ความเร็ว 100 Mbps อุปกรณ์เครือข่ายอีเธอร์เน็ตทุกชนิด รวมทั้งสายสัญญาณจะมีค่าดีเลย์ที่แตกต่างกันไป ดังนั้นจึงจำเป็นต้องคำนวณค่าดีเลย์ของเครือข่ายก่อนที่จะติดตั้ง ไม่เช่นนั้นถ้าหากค่าดีเลย์ของเครือข่ายมีค่ามากกว่าค่าที่กำหนดไว้ก็อาจทำให้การส่งข้อมูลล้มเหลวหรือเกิดข้อผิดพลาดขึ้นได้

2.6 ระบบการจัดการพลังงานอย่างชาญฉลาด (Energy Smart System)

ระบบการจัดการพลังงาน (EMS) เป็นระบบของเครื่องมือที่ใช้คอมพิวเตอร์เป็นเครื่องมือในการช่วยจัดการการใช้งานสาธารณูปโภคไฟฟ้าในการตรวจสอบ การควบคุมและการใช้พลังงานไฟฟ้าการตรวจสอบที่เรียกว่า ระบบ SCADA โดยเป็นที่รู้จักกันดี ซึ่งการเพิ่มประสิทธิภาพมักจะถูกเรียกว่า

เป็น “การใช้งานขั้นสูง” เทคโนโลยีคอมพิวเตอร์ถูกใช้อ้างอิงถึง ระบบ SCADA / EMS หรือ EMS / SCADA ในการคาดหวังเหล่านี้ซึ่งระบบการจัดการพลังงานนั้นจะไม่รวมถึงการเฝ้าสังเกตุการณ์และควบคุม แต่มักจะอ้างอิงไปถึงแอปพลิเคชั่นในการใช้งานผ่านทางระบบเครือข่าย และการจัดการช่วงเวลาที่เหมาะสม การใช้งานทั่วไปโดยปกติแล้วผู้ผลิตระบบการจัดการพลังงาน (EMS) จะจำลองการฝึกอบรมที่สอดคล้องกัน (DTS) ซึ่งเป็นเทคโนโลยีที่เกี่ยวข้องกับการใช้งานของส่วนประกอบของระบบ SCADA และ ระบบการจัดการพลังงาน (EMS) เป็นเครื่องมือในการฝึกอบรมสำหรับศูนย์กลางการควบคุม นอกจากนี้ยังเป็นไปได้ที่จะจำลองการฝึกอบรมที่สอดคล้องกัน จากแหล่งที่มาที่ไม่ระบบการจัดการพลังงาน (EMS) เช่น EPRI

ระบบการจัดการพลังงานปกติมักจะใช้งานเชิงพาณิชย์ของแต่ละบุคคล ในการตรวจสอบการวัดและควบคุมโหลดที่ใช้พลังงานไฟฟ้าภายในอาคารของพวกเขา ระบบการจัดการพลังงานที่สามารถนำไปใช้ ศูนย์กลางการควบคุมอุปกรณ์ เช่น HVAC และระบบไฟในหลาย ๆ สถานที่ เช่น ร้านขายของชำ ร้านค้าปลีกและร้านอาหาร ซึ่งระบบการจัดการพลังงานยังสามารถให้การวัดพลังงานและการตรวจสอบ ที่ช่วยให้ผู้จัดการอาคารสถานที่ที่จะสามารถรวบรวมข้อมูลและข้อมูลเชิงลึก เพื่อให้ข้อมูลในการตัดสินใจมากขึ้น เกี่ยวกับการใช้พลังงานผ่านเว็บไซต์

2.7 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

Gul N. Khan et al. [1] ได้นำเสนอวิธีการเกี่ยวกับการจัดตารางเวลาตามอัตราค่าไฟฟ้าในแต่ละช่วงเวลา เพื่อช่วยประหยัดพลังงานของอุปกรณ์ทำความร้อนและอุปกรณ์ทำความเย็นภายในบ้าน ซึ่งเป็นการศึกษาที่มุ่งเน้นไปเฉพาะอุปกรณ์ 2 ชนิดตามข้างต้นเท่านั้น ทำให้ขาดการทดลองกับอุปกรณ์ไฟฟ้าชนิดอื่น ๆ ที่จำเป็นภายในบ้าน

Seung-Ho Baeg et al. [2] ได้นำเสนอวิธีการการนำ RFID มาช่วยในการควบคุมอุปกรณ์ภายในบ้าน เพื่อเป็นการช่วยประหยัดพลังงาน ซึ่งผู้วิจัยได้วางแผนที่จะพัฒนาเกี่ยวกับการทำความสะอาดพื้นต่อไป

Yuansheng LIU [3] ได้นำเสนอวิธีการนำ Embedded มาช่วยในการควบคุมและเฝ้าดูอุปกรณ์ไฟฟ้าภายในบ้าน ซึ่งมีการลงทุนค่อนข้างต่ำ โดยแยกระบบตรวจจับออกเป็นหลาย ๆ ส่วน เช่น การตรวจจับอุณหภมิ การตรวจจับความชื้น ซึ่งผู้วิจัยแนะนำให้พัฒนาด้วยการสั่งงานผ่านการสื่อสารไร้สายต่อไป

Adnan A.Khan et al. [4] ได้นำเสนอวิธีการปรับแต่งพลังงานให้มีความเหมาะสมและการจัดการทางด้านพลังงานด้วยเว็บเซอร์วิส (Web services) ซึ่งนำอุปกรณ์ไร้สาย Zigbee มาช่วยโดยมีศูนย์กลางการควบคุมที่คอมพิวเตอร์ ซึ่งผู้วิจัยได้เพิ่มฟังก์ชันในการนำพลังงานที่ประหยัดได้นั้นกลับมาขายใหม่ผ่านอัลกอริทึ่ม

Ping Wang et al.[5] ได้นำเสนอวิธีการควบคุมอุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้าภายในบ้านผ่านรีโมทจากอินเทอร์เน็ต(Internet) โดยมี AMR Chip เป็นตัวควบคุมและมีระบบปฏิบัติการเป็น WinCE ซึ่งสามารถนำไปประยุกต์ในในธุรกิจอุตสากรรมได้ต่อไป

Lan Zhang et al.[6] ได้นำเสนอวิธีการนำ Fuzzy Logic และ Fuzzy Neural Network ซึ่งนำค่าภูมิอากาศ การจราจร ผ่านทางอินเทอร์เน็ตมาประมวลผล เพื่อช่วยในการควบคุมอุปกรณ์

ไฟฟ้าต่าง ๆ ภายในบ้าน ผ่านตัวควบคุมจากส่วนกลางและอินเทอร์เน็ต โดยผลลัพธ์ที่ได้เป็นการจำลองสถานการณ์ขึ้นมาเพื่อทดสอบ