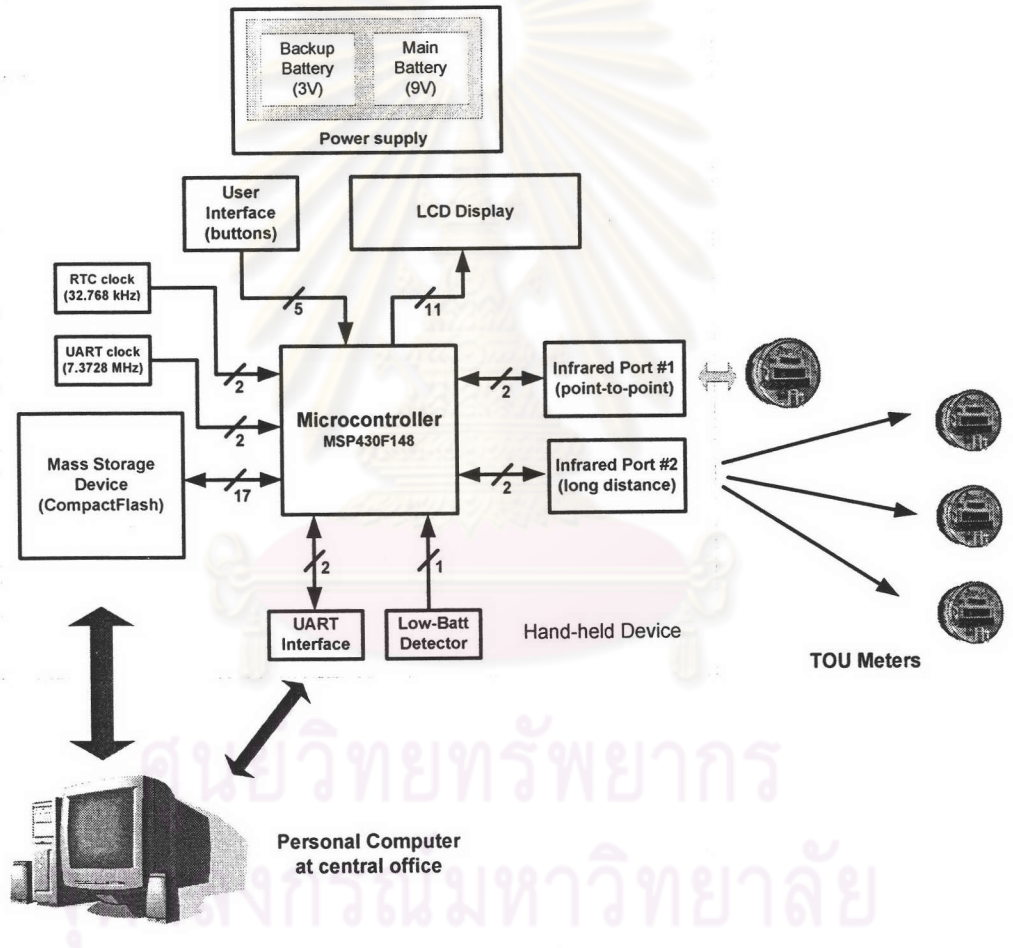
บทที่ 3

รายละเอียดด้านฮาร์ดแวร์ของอุปกรณ์แบบมือถือ

3.1 ส่วนประกอบโดยรวมของอุปกรณ์แบบมือถือ

อุปกรณ์แบบพกพาที่ถูกพัฒนาขึ้นสำหรับติดต่อสื่อสารกับมิเตอร์ประกอบด้วยส่วนต่างๆ ดังรูปที่ 3.1 โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้



รูปที่ 3.1 ส่วนประกอบต่างๆ ของอุปกรณ์แบบมือถือ

1) ไมโครคอนโทรลเลอร์

ทำหน้าที่ควบคุมการทำงานทั้งหมดของอุปกรณ์แบบมือถือได้แก่ การอ่านข้อมูลต่างๆ จากมิเตอร์ การตั้งค่าต่างๆ ให้กับมิเตอร์โดยใช้โพรโตคอลที่ได้ออกแบบไว้ การเก็บข้อมูลของมิเตอร์แต่ละตัวลงในคอมแพคแฟลช แสดงรายละเอียดการทำงานผ่านจอแอลซีดี การรับคำสั่งจากผู้ใช้โดยการกดปุ่ม ตลอดจนสามารถตั้งค่าต่างๆ ในตัวได้ผ่านทางคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคลด้วย

พอร์ตอนุกรม RS-232 อุปกรณ์มือถือตัวนี้ใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MSP430F148 ของ Texas Instrument [10] ซึ่งมีจำนวนพอร์ตมากถึง 6 พอร์ตจึงเพียงพอต่อความต้องการในการออกแบบ มีทรัพยากรและฟังก์ชันที่หลากหลาย

2) วงจรรับส่งข้อมูลด้วยแสงอินฟราเรด

ประกอบไปด้วยวงจรขยายภาครับส่งสำหรับขับไดโอดเปล่งแสงหรือแอลอีดี และตัวตรวจจับแสง (Photo detector) เพื่อใช้เป็นช่องทางสำหรับสื่อสารกับมิเตอร์ วงจรรับส่งมีอยู่ 2 ชุด ด้วยกันคือ ชุดแรกใช้สำหรับติดต่อกับมิเตอร์โดยการประกบติดกันด้วยอัตราบอด 9600 บิตต่อวินาที วงจรชุดที่สองถูกออกแบบให้สามารถติดต่อกับมิเตอร์ได้ในระยะไม่เกิน 5 เมตรด้วยอัตราบอด 4800 บิตต่อวินาที

3) ส่วนเชื่อมต่อกับคอมแพคแฟลช

ใช้เชื่อมต่อต่อคอมแฟคแฟลชเพื่อบันทึกข้อมูลที่อ่านมาได้จากมิเตอร์ลงไป การเชื่อมต่อระหว่างไมโครคอนโทรลเลอร์กับคอมแพคแฟลชสามารถทำได้โดยตรงโดยไม่ต้องใช้วงจรเพิ่มเติม ซึ่งจะกล่าวถึงรายละเอียดต่อไป

4) ส่วนเชื่อมต่อกับพอร์ตอนุกรม RS-232

เป็นช่องทางให้ตัวอุปกรณ์มือถือสามารถเชื่อมต่อกับคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคลได้ เพื่อใช้ตั้งค่าต่างๆ ให้กับตัวอุปกรณ์

5) วงจรส่วนแสดงผล และปุ่มสั่งงาน

สำหรับแสดงผลการทำงานให้ผู้ใช้ทราบ และรับคำสั่งจากผู้ใช้เช่น อ่านข้อมูลจากมิเตอร์ อ่านค่า Demand เลือกโหมดของการสื่อสารระหว่างระยะใกล้กับระยะไกล เป็นต้น

6) วงจรตรวจจับแรงดันไฟตก

ทำหน้าที่ตรวจสอบระดับแรงดันของแหล่งจ่ายไฟเลี้ยง โดยจะมีข้อความแจ้งเตือนให้ผู้ใช้ทราบหากแรงดันไฟต่ำกว่าค่าที่ตั้งไว้

7) วงจรภาคจ่ายไฟเลี้ยง

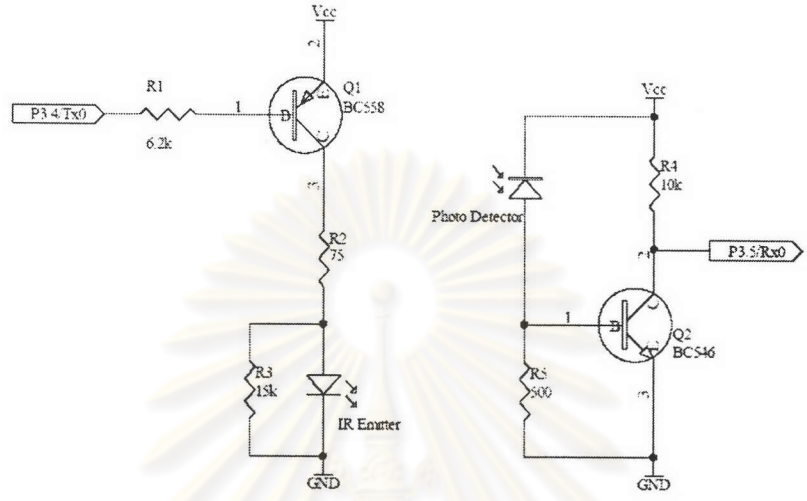
ประกอบด้วยส่วนจ่ายไฟหลักและส่วนจ่ายไฟสำรอง โดยแหล่งจ่ายไฟสำรองจะไม่ทำงานในภาวะปกติแต่จะทำงานเฉพาะตอนที่แหล่งจ่ายไฟหลักหมดเท่านั้นเพื่อป้องกันไม่ให้ข้อมูลที่อยู่ในหน่วยความจำของไมโครคอนโทรลเลอร์สูญหาย

3.2 วงจรรับส่งข้อมูลด้วยแสงอินฟราเรด

อุปกรณ์แบบมือถือที่พัฒนาขึ้นถูกออกแบบให้สามารถรองรับการติดต่อสื่อสารกับมิเตอร์ได้ทั้ง 2 แบบคือ มิเตอร์แบบที่มีพอร์ตอินฟราเรดแบบประกบติด และมิเตอร์ที่มีพอร์ตอินฟราเรดสำหรับสื่อสารในระยะไกลด้วยความถี่พาหะ 38 kHz ดังนั้นจึงต้องมีพอร์ตอินฟราเรดทั้ง 2 แบบแยกกันอยู่ในตัวเพื่อให้สามารถสื่อสารกับมิเตอร์ทั้ง 2 แบบได้

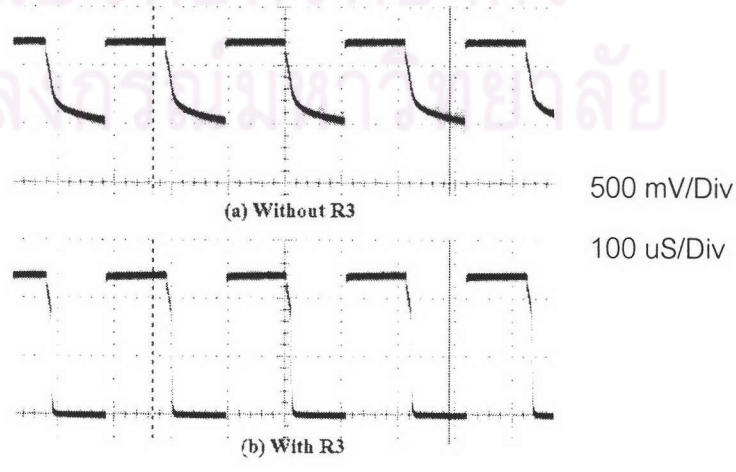
3.2.1 <u>แบบประกบติดกับตัวมิเตอร์</u>

ถูกออกแบบให้สามารถใช้รับส่งข้อมูลด้วยอัตราบอด 9600 บิตต่อวินาที วงจรภาครับส่งมีรายละเอียดดังรูปที่ 3.2



รูปที่ 3.2 วงจรภาครับส่งด้วยแสงอินฟราเรดแบบประกบติดกับตัวมิเตอร์

ในส่วนของวงจรภาคส่ง ข้อมูลที่จะส่งออกไปยังมิเตอร์จะถูกส่งออกมาทางพอร์ต P3.4 ซึ่งเป็นพอร์ต UART0 ขาออกของไมโครคอนโทรลเลอร์เพื่อนำไปควบคุมการทำงานของวงจรขยายกระแสโดยใช้ทรานซิสเตอร์ชนิดพีเอ็นพีที่ถูกออกแบบให้ทำงานในโหมดอิ่มตัวด้วยค่าตัวต้านทาน R1 ที่เหมาะสมสำหรับทำหน้าที่เป็นสวิตช์ตัดต่อกระแสที่จะไหลไปขับแอลอีดี ตัวต้านทาน R2 ทำหน้าที่จำกัดกระแสในขณะที่ทรานซิสเตอร์อยู่ในสภาวะนำกระแสให้อยู่ที่ประมาณ 30 มิลลิแอมแปร์ ตัวต้านทาน R3 ช่วยทำหน้าที่คายประจุที่ค้างอยู่ในแอลอีดีในขณะที่ทรานซิสเตอร์หยุดนำกระแส ผลของตัวต้านทาน R3 เป็นดังรูปที่ 3.3



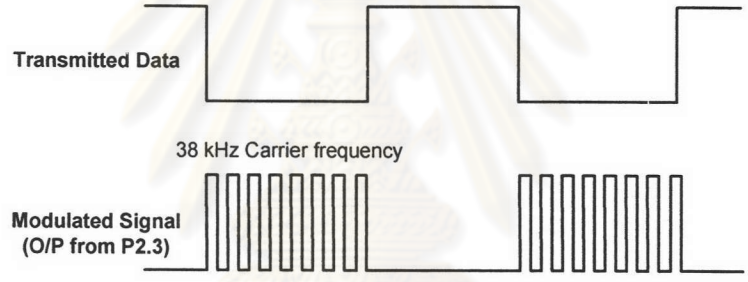
รูปที่ 3.3 ผลของตัวต้านทานที่ต่อขนานกับแอลอีดีตัวส่ง

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ในส่วนของวงจรภาครับใช้ทรานซิสเตอร์ชนิดเอ็นพีเอ็นทำหน้าที่ขยายสัญญาณหรือข้อมูลจากมิเตอร์ที่รับได้โดยตัวตรวจจับแสงเช่นเดียวกันกับของภาคส่ง สัญญาณขาออกที่ได้จะถูกส่งเข้าไปที่พอร์ต P3.5 ซึ่งเป็นพอร์ต UART0 ขาเข้าของไมโครคอนโทรลเลอร์

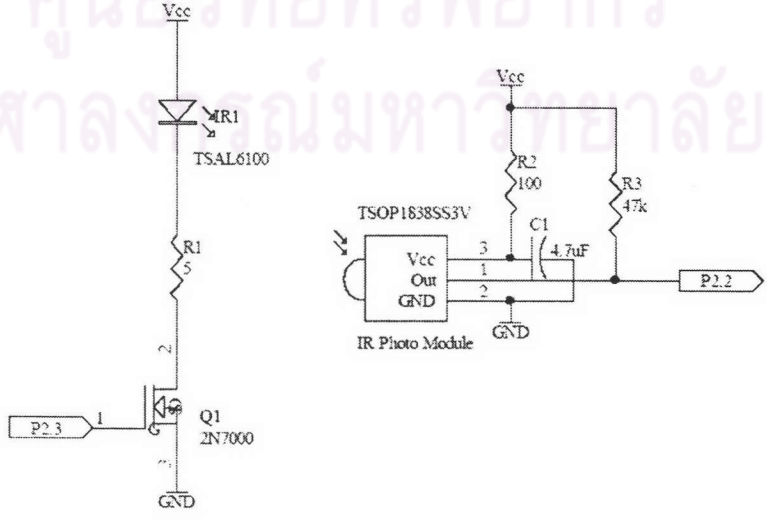
3.2.2 <u>แบบติดต่อกับมิเตอร์ในระยะไกล</u>

ถูกออกแบบให้ใช้สำหรับรับส่งข้อมูลด้วยอัตราบอด 4800 บิตต่อวินาที และสามารถติดต่อกับมิเตอร์ได้ในระยะไม่เกิน 5 เมตร ในส่วนของพอร์ต UART ที่ใช้กับวงจรในส่วนนี้นั้นใช้โปรแกรมย่อยที่เขียนขึ้นเองเนื่องจากพอร์ต UART0 และ UART1 ถูกใช้ไปหมดแล้ว เพราะ UART0 ถูกใช้สำหรับสื่อสารกับมิเตอร์ในระยะใกล้ ส่วน UART1 ถูกใช้สำหรับเป็นช่องทางเชื่อมต่อกับเครื่องคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล นอกจากนี้โปรแกรมย่อยที่ทำหน้าที่เป็น UART ภาคส่งยังต้องทำหน้าที่มอดูเลตข้อมูลกับความถี่พาหะ 38 kHz ไปในตัวด้วยดังตัวอย่างในรูปที่ 3.4 (เฉพาะข้อมูลที่เป็น '0' เท่านั้น ส่วนค่า '1' ทรานซิสเตอร์จะไม่นำกระแส)



รูปที่ 3.4 ตัวอย่างรูปร่างของสัญญาณข้อมูลที่ถูกมอดูเลตด้วยความถี่พาหะ 38 kHz

รายละเอียดของโปรแกรมย่อยที่ทำหน้าที่เป็นพอร์ต UART และการมอดูเลตนี้จะกล่าวถึงในบทที่ 4 วงจรภาครับส่งในระยะไกลมีรายละเอียดดังรูปที่ 3.5



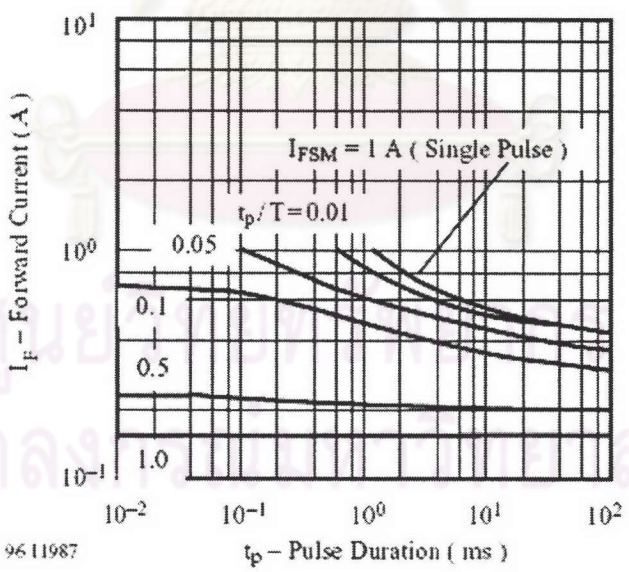
รูปที่ 3.5 วงจรภาครับส่งด้วยแสงอินฟราเรดในระยะไกล

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ในส่วนของวงจรภาคส่ง ข้อมูลจะถูกส่งออกมาทางพอร์ต P2.3 ซึ่งถูกใช้เป็นพอร์ต UART ขาเข้าที่เขียนขึ้นเองเพื่อนำไปเข้าขาเกตของทรานซิสเตอร์ชนิดเอ็นมอส เนื่องจากกระแสที่ใช้ขับแอลอีดีมีค่าประมาณ 200 มิลลิแอมแปร์ เพื่อให้สามารถติดต่อกับมิเตอร์ได้ในระยะไกล จึงเลือกใช้เอ็นมอสเพราะวงจรจะไม่กินกระแสจากขาเกตในขณะที่ใช้ขับกระแสสูงๆ แอลอีดีตัวส่งใช้เบอร์ TSAL6100 ของ Vishay ซึ่งให้ค่าความเข้มแสงประมาณ 130 mW/sr เมื่อใช้กระแสขับ 100 มิลลิแอมแปร์ซึ่งสูงกว่าแอลอีดีโดยทั่วไปมาก การออกแบบวงจรภาคส่งสำหรับขับกระแสสูงต้องคำนึงถึงความสามารถของแอลอีดีด้วยว่า สามารถทนกระแสค่าดังกล่าวได้หรือไม่ โดยพิจารณาจากค่ากระแส Forward current ความกว้างพัลส์ และค่า Duty cycle ของสัญญาณมอดูเลต ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

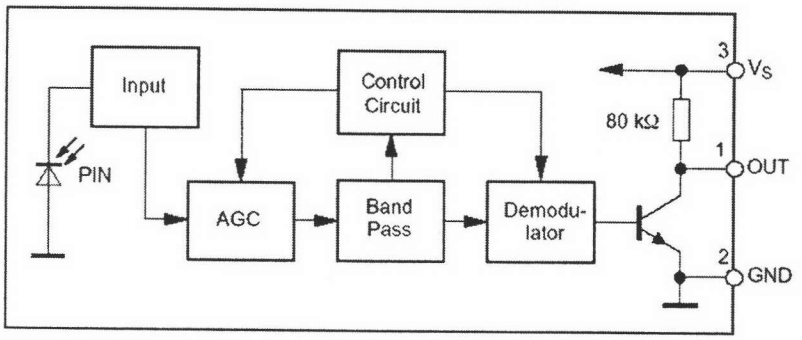
- *ค่ากระแส Forward current* มีค่าประมาณ 200 มิลลิแอมแปร์
- *ค่า Duty cycle ของสัญญาณมอดูเลต* มีค่าประมาณ 50 %
- *ความกว้างพัลส์ของสัญญาณมอดูเลต* มีค่าประมาณ $\frac{1}{2x38kHz} \approx 13.16\mu s$ หรือประมาณ $1.3x10^{-2}\,ms$

เมื่อนำค่าเหล่านี้ไปเปรียบเทียบกับคุณสมบัติของแอลอีดีเบอร์ TSAL6100 แล้วดังรูปที่ 3.6 พบว่าแอลอีดียังคงสามารถทำงานได้ตามปกติ



รูปที่ 3.6 กราฟแสดงจุดการทำงานที่สภาวะต่างๆ ของแอลอีดีตัวส่งเบอร์ TSAL6100

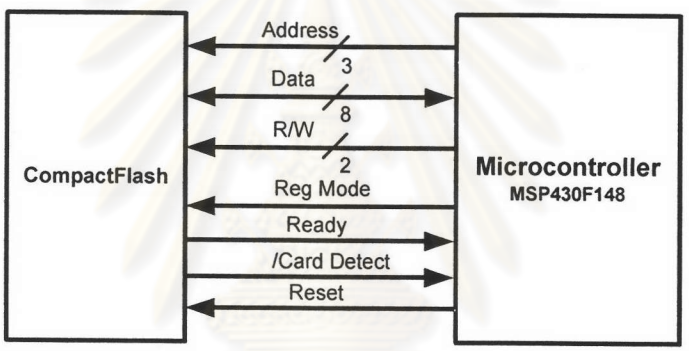
ในส่วนของภาครับ ใช้มอดูลสำเร็จรูปเบอร์ TSOP1838SS3V ของ Vishay ซึ่งใช้เป็นตัวขยายสัญญาณและทำการดีมอดูเลตข้อมูลออกจากความถี่พาหะ 38 kHz ไปในตัวด้วย พอร์ตขาออกของมอดูลถูกต่อเข้ากับพอร์ต P2.2 ซึ่งถูกใช้เป็นพอร์ต UART ขาเข้าที่เขียนขึ้นเอง โครงสร้างภายในของมอดูลตัวรับเป็นดังรูปที่ 3.7



รูปที่ 3.7 โครงสร้างภายในของมอดูลตัวรับเบอร์ TSOP1838SS3V

3.3 ส่วนเชื่อมต่อกับคอมแพคแฟลช

การเชื่อมต่อระหว่างพอร์ตของไมโครคอนโทรลเลอร์กับขาสัญญาณต่างๆ ของคอมแพคแฟลชสามารถทำได้โดยตรง กลุ่มสัญญาณในการเชื่อมต่อสามารถแบ่งได้ดังรูปที่ 3.8



รูปที่ 3.8 ขาสัญญาณต่างๆที่ใช้ติดต่อกับคอมแพคแฟลช

1) ขาข้อมูลและขาแอดเดรส อุปกรณ์มือถือที่พัฒนาขึ้นใช้โหมดการติดต่อกับคอมแพคแฟลชแบบ 8 บิต (D0-D7) เพื่อประหยัดขาพอร์ตที่มีอยู่อย่างจำกัด และใช้ขาแอดเดรสเพียง 3 บิต (A0-A2) สำหรับติดต่อกับรีจิสเตอร์ต่างๆ เฉพาะเท่าที่จำเป็นซึ่งได้แก่ รีจิสเตอร์ทั้ง 8 ตัว (ATA Registers set) ของคอมแพคแฟลชดังรายละเอียดที่ได้กล่าวไว้แล้วในหัวข้อ 2.5

2) สัญญาณ R/W คือสัญญาณสโตรปของการอ่าน $(\overline{OE})$ และการเขียน $(\overline{WE})$ ข้อมูลในรีจิสเตอร์ของคอมแพคแฟลชนั่นเอง

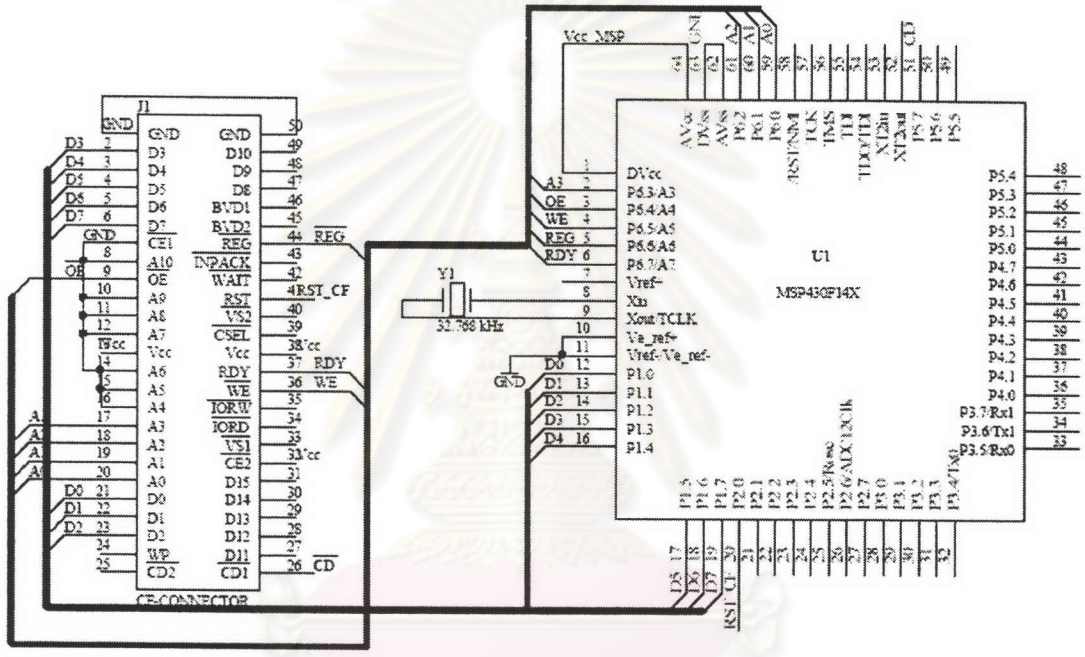
3) สัญญาณ Reg Mode เป็นสัญญาณที่ใช้เลือกโหมดการติดต่อกับรีจิสเตอร์ระหว่างรีจิสเตอร์ควบคุมการทำงานของคอมแพคแฟลชต่างๆ (Attribute memory) กับรีจิสเตอร์ทั้ง 8 ตัว (Common memory)

4) สัญญาณ Ready หรือ RDY/BSY ถูกส่งไปยังไมโครคอนโทรลเลอร์เพื่อใช้ตรวจสอบความพร้อมของตัวคอมแพคแฟลชว่าทำงานเสร็จแล้วหรือยัง และพร้อมที่จะทำคำสั่งถัดไปหรือไม่

5) สัญญาณ /Card Detect หรือ $\overline{CD}$ เป็นขาที่ถูกต่อกับขากราวด์ของคอมแพคแฟลช ทำให้ไมโครคอนโทรลเลอร์ตรวจสอบได้ว่าขณะนี้มีคอมแพคแฟลชเสียบอยู่หรือไม่

6) สัญญาณ Reset เป็นสัญญาณที่ถูกส่งออกมาจากคอนโทรลเลอร์เพื่อสั่งให้คอมแพคแฟลชเริ่มต้นการทำงานใหม่

ในส่วนของโปรแกรมย่อยที่ทำหน้าที่ควบคุมการอ่านเขียนข้อมูลในตัวคอมแพคแฟลช จะกล่าวในบทที่ 5 รายละเอียดของวงจรส่วนเชื่อมต่อระหว่างไมโครคอนโทรลเลอร์กับตัวคอมแพคแฟลชเป็นดังรูปที่ 3.9

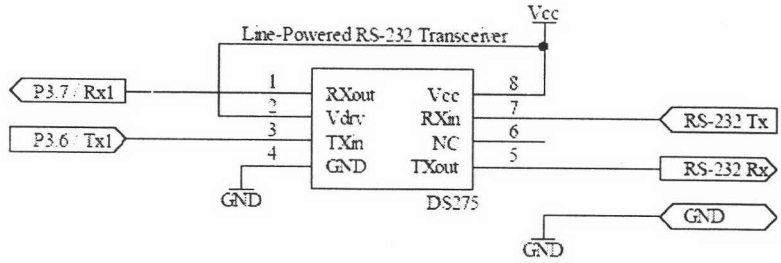


รูปที่ 3.9 รายละเอียดของวงจรส่วนเชื่อมต่อกับคอมแพคแฟลช

การบังคับให้คอมแพคแฟลชทำการรับส่งข้อมูลโดยใช้ขาข้อมูลชุด 8 บิตล่าง (D_0-D_7) สามารถทำได้โดยการต่อขาสัญญาณ $\overline{CE1}$ ลงกราวด์ และต่อขา $\overline{CE2}$ เข้ากับไฟเลี้ยง

3.4 ส่วนเชื่อมต่อกับพอร์ตอนุกรม RS-232

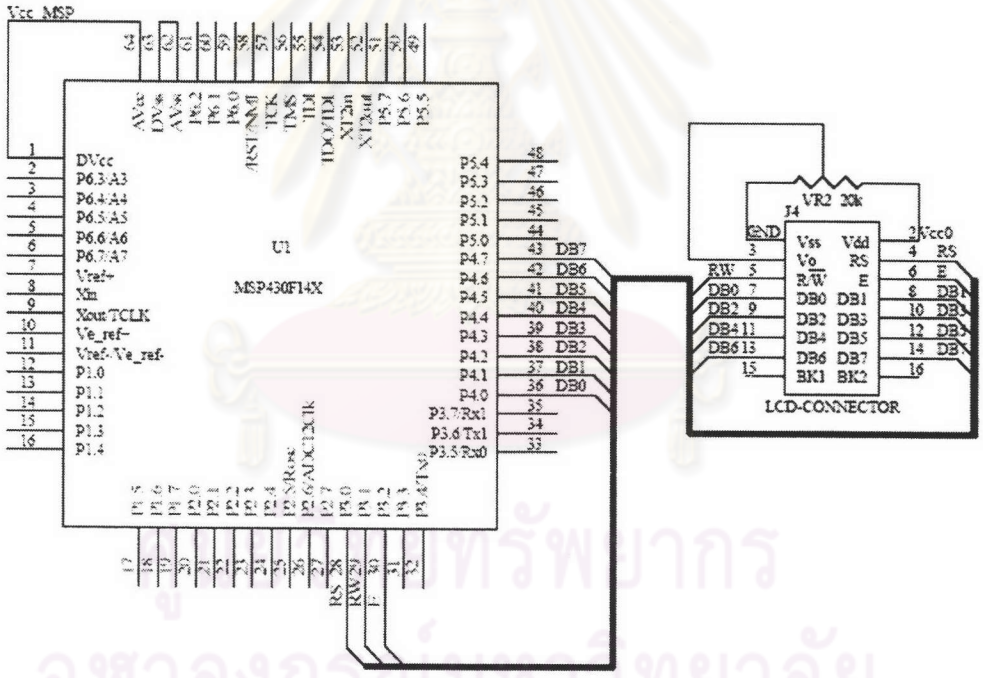
อุปกรณ์แบบมือถือสามารถสื่อสารกับคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคลได้ผ่านทางพอร์ตอนุกรม UART1 ของไมโครคอนโทรลเลอร์ และใช้ชิปวงจรรวมเบอร์ DS275 ทำหน้าที่แปลงระดับแรงดันของสัญญาณข้อมูลจากพอร์ตอนุกรม UART1 ให้สามารถเชื่อมต่อกับพอร์ตอนุกรมบนเครื่องคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคลได้ การต่อใช้งานแสดงดังรูปที่ 3.10



รูปที่ 3.10 ส่วนเชื่อมต่อกับพอร์ตอนุกรม RS-232

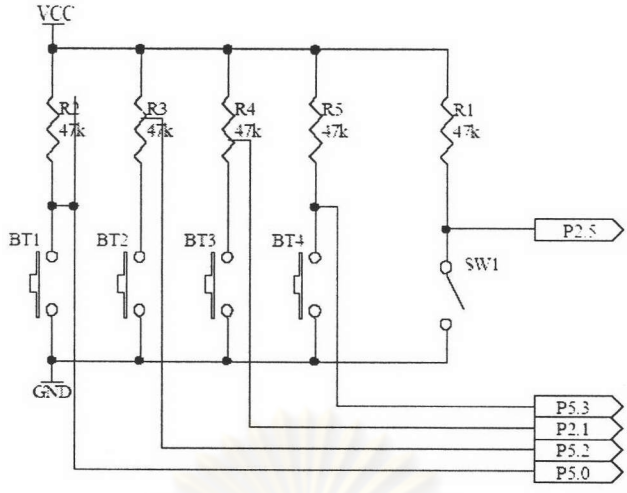
3.5 วงจรส่วนแสดงผล และปุ่มสั่งงานต่างๆ

การแสดงผลการทำงานให้ผู้ใช้ทราบใช้จอแอลซีดี (Liquid Crystal Display) ขนาด 2 บรรทัดเป็นตัวแสดงผล โดยมีการเชื่อมต่อขาสัญญาณต่างๆ จากแผงหน้าจอแอลซีดีอันได้แก่ บัสข้อมูลจำนวน 8 บิต (DB0-DB7) และขาควบคุมอีก 3 บิต (RS, R/W, และ E) กับพอร์ตต่างๆ ของไมโครคอนโทรลเลอร์ดังรูปที่ 3.11



รูปที่ 3.11 การเชื่อมต่อแอลซีดีแสดงผลกับไมโครคอนโทรลเลอร์

การเชื่อมต่อปุ่มสั่งงานต่างๆ กับพอร์ตของไมโครคอนโทรลเลอร์มีรายละเอียดดังรูปที่ 3.12 ปุ่มสั่งงานต่างๆ ได้แก่



รูปที่ 3.12 วงจรสวิตช์และปุ่มสั่งงานต่างๆ บนอุปกรณ์แบบมือถือ

1) สวิตช์เลือกโหมดการทำงานระหว่างการใช้อ่านมิเตอร์แบบประกบติดกับการอ่านมิเตอร์ในระยะไกล (SW1)

2) ปุ่มสั่งอ่านข้อมูลทั่วไปจากมิเตอร์ (BT1)

3) ปุ่มสั่งอ่านทั้งข้อมูลทั่วไปและข้อมูลพฤติกรรมการใช้ไฟฟ้าของผู้ใช้ (ค่า Demand) จากมิเตอร์ (BT2)

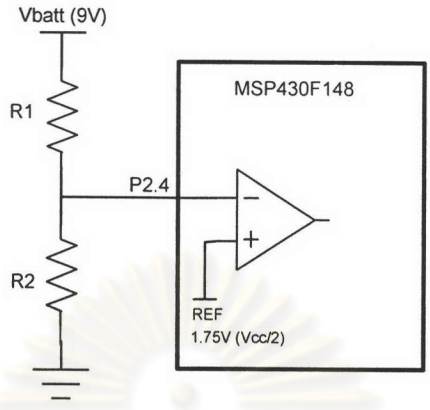
4) ปุ่มหยุดการตรวจหามิเตอร์ (สำหรับการอ่านมิเตอร์ระยะไกล) (BT3) ถูกใช้เมื่อต้องการให้อุปกรณ์แบบมือถือหยุดส่งกลุ่มข้อมูลตรวจหามิเตอร์ (Meter ID request packet) หรือหยุดการสื่อสารกับมิเตอร์ซึ่งจะกล่าวถึงรายละเอียดของโพรโตคอลนี้ในหัวข้อ 5.3.1 ปุ่มนี้จะถูกต่อไปที่พอร์ต P2.1/INT สำหรับใช้เป็นสัญญาณขัดจังหวะเพื่อตั้งค่าให้กับตัวบ่งชี้ ซึ่งจะถูกตรวจสอบโดยโปรแกรมควบคุมอีกทีหนึ่ง

5) ปุ่มตรวจดูหมายเลขมิเตอร์ที่อ่านได้ในแต่ละครั้งภายหลังจากกดปุ่มหยุดการตรวจหามิเตอร์แต่ละครั้ง (สำหรับการอ่านมิเตอร์ระยะไกล) (BT4)

3.6 วงจรตรวจสอบแรงดันไฟตก

ใช้หลักการเปรียบเทียบแรงดันคือ การเปรียบเทียบแรงดันจากแหล่งจ่ายไฟหลักซึ่งเป็นถ่านไฟฉายขนาด 9 โวลต์ กับค่าแรงดันอ้างอิงค่าหนึ่ง (Reference) ผลของการเปรียบเทียบจะถูกตรวจสอบโดยไมโครคอนโทรลเลอร์ เนื่องจากในไมโครคอนโทรลเลอร์เบอร์ MSP430F148 ที่ใช้มีวงจรเปรียบเทียบในตัวอยู่แล้ว สำหรับวงจรที่ออกแบบนี้จะใช้เพียงตัวต้านทานที่ทำหน้าที่แบ่งแรงดันจากแหล่งจ่ายไฟหลัก จากนั้นค่าแรงดันหลังจากถูกแบ่งแล้วจะถูกนำเข้ามาที่พอร์ต P2.4/CA1 ซึ่งเป็นขาเข้าด้านลบ (-) ของวงจรเปรียบเทียบในตัวไมโครคอนโทรลเลอร์เพื่อนำมา

เปรียบเทียบกับค่าแรงดันอ้างอิงที่อยู่ภายใน โดยในการออกแบบนี้เลือกใช้แรงดันอ้างอิงที่มีค่าครึ่งหนึ่งของแรงดันไฟเลี้ยงคือ 1.75 โวลต์ ลักษณะการต่อวงจรส่วนนี้เป็นดังรูปที่ 3.13



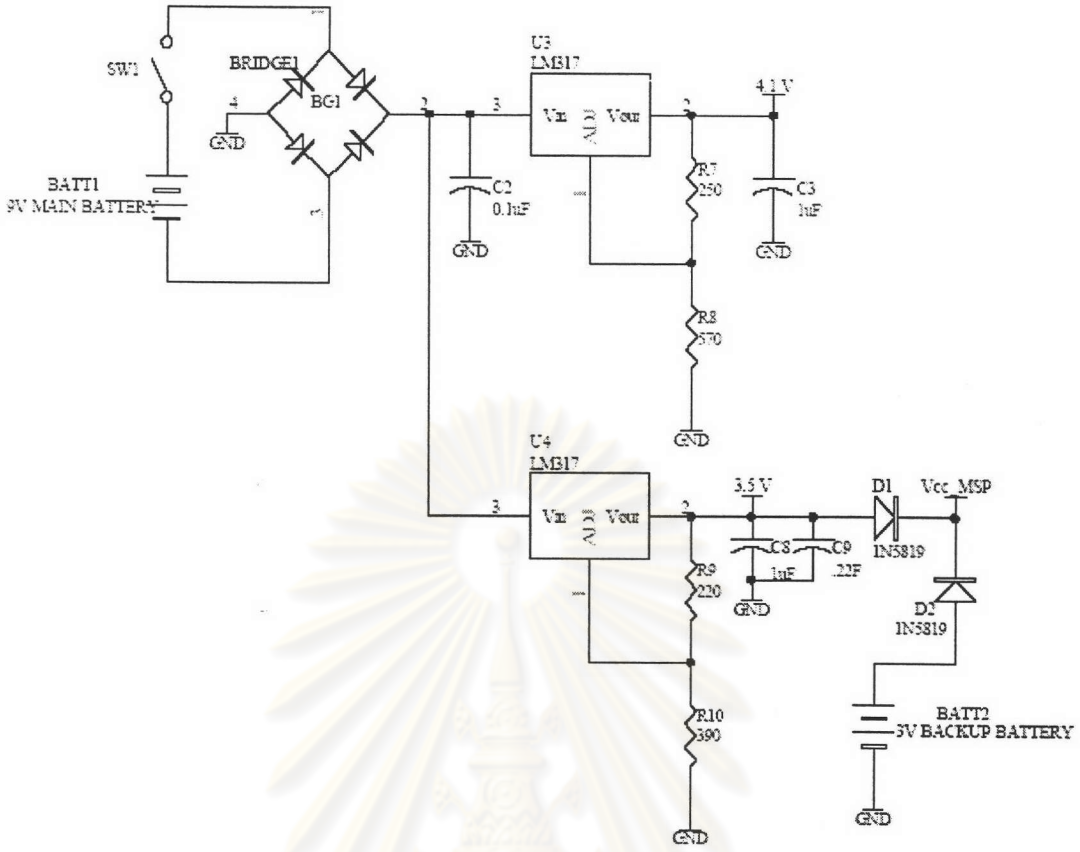
รูปที่ 3.13 วงจรตรวจสอบแรงดันไฟตก

ในการออกแบบได้กำหนดเอาไว้ให้ผลลัพธ์ของจากวงจรเปรียบเทียบมีค่า '1' เมื่อแรงดันจากแหล่งจ่ายไฟหลักต่ำกว่า 6 โวลต์ เพราะฉะนั้นจึงต้องลดทอนแรงดันลงมา 6/1.75 เท่าโดยการใช้ตัวต้านทานแบ่งแรงดันที่มีอัตราส่วนระหว่างตัวต้านทาน R1 ต่อ R2 ประมาณ 2.429 ต่อ 1

3.7 วงจรส่วนจ่ายไฟเลี้ยง

ประกอบด้วยส่วนจ่ายไฟให้กับแผงแสดงผลแอลซีดีด้วยแรงดันประมาณ 4.1 โวลต์ และส่วนจ่ายไฟให้กับวงจรส่วนอื่นๆ ทั้งหมดด้วยแรงดัน 3.5 โวลต์ สาเหตุที่ไม่สามารถใช้แหล่งจ่ายแรงดัน 3.5 โวลต์เพียงชุดเดียวได้นั้น เนื่องจากหน้าจอแสดงผลของแอลซีดีต้องการแรงดันไม่ต่ำกว่า 4 โวลต์เพื่อใช้ขับส่วนแสดงผลต่างๆ

วงจรจ่ายไฟเลี้ยงทั้ง 2 ส่วนใช้ชิปสำเร็จรูปที่ทำหน้าที่รักษาระดับแรงดัน (Voltage regulator) เบอร์ LM317 โดยใช้แรงดันขาเข้าจากแบตเตอรี่ขนาด 9 โวลต์ซึ่งเป็นแหล่งจ่ายไฟหลัก นอกจากนี้ยังต้องมีวงจรส่วนที่ทำหน้าที่จ่ายไฟสำรองให้กับไมโครคอนโทรลเลอร์โดยเฉพาะด้วยในกรณีที่แรงดันจากแหล่งจ่ายไฟหลักหายไป รายละเอียดของวงจรแสดงดังรูปที่ 3.14



รูปที่ 3.14 วงจรส่วนจ่ายไฟเลี้ยงบนตัวอุปกรณ์มือถือ

ในสภาวะปกติ (มีไฟจากแหล่งจ่ายไฟหลัก 9 โวลต์) แรงดันไฟเลี้ยง 3.5 โวลต์จะเข้าไปยังตัวไมโครคอนโทรลเลอร์ผ่านทางไดโอด D1 ในขณะที่ไดโอด D2 จะเป็นตัวกั้นไฟเลี้ยงจากแหล่งจ่ายไฟสำรองเอาไว้ เนื่องจากแรงดันที่ขาแอโนด (3.5 โวลต์) มีค่ามากกว่าแรงดันที่ขาแคโทด (3 โวลต์) จึงทำให้ไดโอด D2 ไม่นำกระแส

ในสภาวะที่ไม่มีไฟจากแหล่งจ่ายไฟหลัก ไมโครคอนโทรลเลอร์จะได้รับไฟเลี้ยงจากแหล่งจ่ายไฟสำรอง 3 โวลต์ผ่านทางไดโอด D2 โดยที่ไดโอด D1 จะทำหน้าที่กั้นไม่ให้กระแสที่ไหลมาจากแหล่งจ่ายไฟสำรองไปเลี้ยงวงจรส่วนอื่นๆ นอกจากไมโครคอนโทรลเลอร์

3.8 ประมาณราคาต้นทุนของอุปกรณ์มือถือที่ทำการพัฒนาขึ้น

จากวงจรส่วนต่างๆ ที่ได้กล่าวมาทั้งหมดสามารถนำมารวมและคิดเป็นราคาต้นทุนของตัวอุปกรณ์ต่างๆ โดยประมาณได้ดังตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 การประมาณราคาต้นทุนของตัวอุปกรณ์ต่างๆ บนอุปกรณ์มือถือ

อุปกรณ์	จำนวน	ราคารวมโดยประมาณ (บาท)
ไมโครคอนโทรลเลอร์ MSP430F148	1	206
จอแอลซีดีแสดงผล	1	283
ช่องเสียบคอมแพคแฟลช	1	368
ชิปแปลงระดับแรงดันเบอร์ DS275	1	122
ไอซีรักษาระดับแรงดันเบอร์ LM317	2	14
คริสตอลกำเนิดความถี่	2	30
ทรานซิสเตอร์ และไดโอด	6	19
แอลอีดีและมอดูลตัวรับส่งอินฟราเรด	4	38
ตัวต้านทานค่าต่างๆ	16	47
ตัวเก็บประจุค่าต่างๆ	8	49
ปุ่มกดสั่งงาน	4	10
ราคารวม		1186

3.9 สรุปท้ายบท

ในบทนี้ได้กล่าวถึงรายละเอียดของวงจรส่วนต่างๆ บนตัวอุปกรณ์มือถือซึ่งใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MSP430F148 ของ Texas Instrument เป็นตัวควบคุมการทำงานทั้งหมด วงส่วนต่างๆ ประกอบไปด้วย วงจรภาครับส่งข้อมูลด้วยแสงอินฟราเรดสำหรับติดต่อกับมิเตอร์ทั้งแบบประกบติดและระยะไกล การเชื่อมต่อขาสัญญาณต่างๆ จากไมโครคอนโทรลเลอร์เข้ากับคอมแพคแฟลช วงจรเชื่อมต่อพอร์ตอนุกรม RS232 เพื่อแปลงระดับแรงดันของสัญญาณบนตัวอุปกรณ์มือถือให้สามารถติดต่อกับคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคลได้ วงจรแสดงผลการทำงานและปุ่มรับคำสั่งจากผู้ใช้ วงจรที่ใช้ตรวจสอบระดับแรงดันของแหล่งจ่ายไฟหลัก และสุดท้ายคือวงจรส่วนจ่ายไฟเลี้ยง สำหรับรายละเอียดของซอฟต์แวร์ควบคุมการทำงานต่างๆ บนตัวอุปกรณ์มือถือนี้จะกล่าวถึงในบทที่ 5