แหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรงที่มีโวลต์มิเตอร์–แอมมิเตอร์แบบดิจิตอลควบคุมโดยไมโครคอนโทรลเลอร์

DC Power Supply with Digital Voltmeter– Ammeter Controlled By Microcontroller

ไวยพจน์ ศุภบวรเสถียร และ วิภาวัลย์ นาคทรัพย์
ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสยาม 10163
โทร.024570068 ต่อ 123 โทรสาร 024573982 E-mail : vyapotes@hotmail.com, wipavan_n@hotmail.com

บทคัดย่อ

บทความนี้นำเสนอแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรงที่มีดิจิตอลโวลต์มิเตอร์-แอมมิเตอร์ควบคุมโดยไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 สามารถเลือกโหมดในการทำงานได้ 3 โหมด ประกอบด้วยโหมดแหล่งจ่ายแรงดันไฟตรงคงที่ระหว่าง 00.0 – 24.0 V มีค่าความผิดพลาดไม่เกิน ± 0.1 V และกระแสสูงสุดเป็น 1.00 A โหมดที่สองคือโหมดแหล่งจ่ายกระแสตรงคงที่ระหว่าง 0.00 - 1.00 A แรงดันสูงสุด 25.5 V มีค่าความผิดพลาดไม่เกิน ± 0.01 A และโหมดสุดท้ายคือโหมดดิจิตอลโวลต์มิเตอร์ – แอมมิเตอร์ ย่านวัดอยู่ที่ 0 - 40.0 V และ 0 - 4.00 A มีค่าความผิดพลาดไม่เกิน ± 1% ในการแสดงค่าของแรงดัน กระแส และ ขั้นตอนการทำงานต่าง ๆ แสดงผลด้วยผลึกเหลวขนาด 20 ตัวอักษร 2 บรรทัด และมีวงจรป้องกันการลัดวงจรหรือกระแสเกินแสดงผลโดยจะมีเสียงเตือนดังขึ้น ทำให้ประหยัดต้นทุนและสะดวกในการใช้ในห้องทดลอง

Abstract

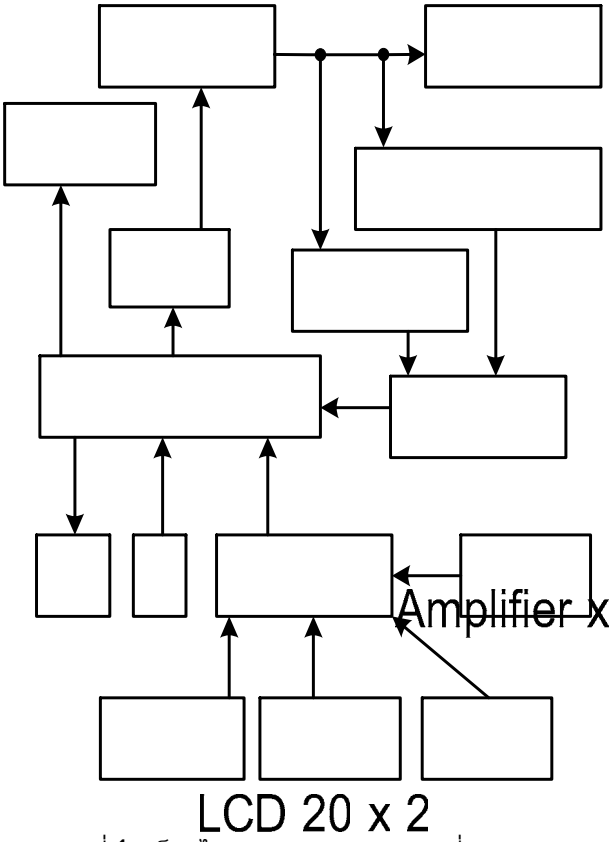
This paper purposes a programmable DC power supply with a built-in digital voltmeter – ammeter controlled by the MCS – 51 microcontroller. This power supply can be programmed to work in three working modes. In the first mode, it works as a power supply with a constant dc voltage of an error less than ± 0.1 V, ranging from 00.0 – 24.0 V and maximum Currents of 1.00 A. Its second mode is the power supply with a constant dc current an error less than ± 0.01 A, ranging from 0.00 - 1.00 A and maximum voltage of 25.5 V. The last mode is the digital voltmeter – ammeter an error less than ± 1% ranging from 00.0 – 40.0 V and 0.00 – 4.00 A with a set of 20 x 2 LCD's to display voltage, current and status of its functioning. In addition, a protection circuit with a buzzer is also provided to alarm when an overloading occurs. This power supply is an economy, effective and easy to use in the laboratory. .

1. บทนำ

การทดลองเกี่ยวกับวงจรไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ อาทิเช่น วงจรอนาลอก วงจรดิจิตอล หรือวงจรทางด้านการสื่อสาร จำเป็นต้องใช้แหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรงแบบปรับค่าได้ ซึ่งแรงดันเอาต์พุตที่ได้เกิดจากการปรับค่าจากการหมุนปุ่มปรับ แล้วใช้โวลต์มิเตอร์วัดค่าแรงดันที่ขั้วเอาต์พุต ถ้าต้องการวัดกระแสโหลดต้องต่อแอมมิเตอร์ร่วมด้วย และเมื่อจ่ายโหลดมาก ปัญหาที่ตามมาคือแรงดันที่เอาต์พุตจะลดลงนอกจากนี้เมื่อต้องการวัดค่าแรงดันและกระแสในวงจรหลายจุด จำเป็นต้องใช้โวลต์มิเตอร์และแอมมิเตอร์หลายตัว ทำให้สิ้นเปลือง จึงมีแนวความคิดออกแบบและสร้างแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรงที่มีโวลต์มิเตอร์และแอมมิเตอร์แบบดิจิตอลควบคุมโดยไมโครคอนโทรลเลอร์ ที่สามารถแก้ปัญหาดังกล่าวข้างต้นได้เป็นอย่างดีโดยเน้นในเรื่องของความประหยัด ความสะดวกในการใช้งานในห้องทดลองที่สามารถใช้งานได้หลายหน้าที่กล่าวคือ แหล่งจ่ายแรงดันไฟตรงคงที่ แหล่งจ่ายกระแสไฟตรงคงที่ โวลต์มิเตอร์วัดได้ 2 จุดและแอมมิเตอร์วัดได้ 2 จุด

2. หลักการ

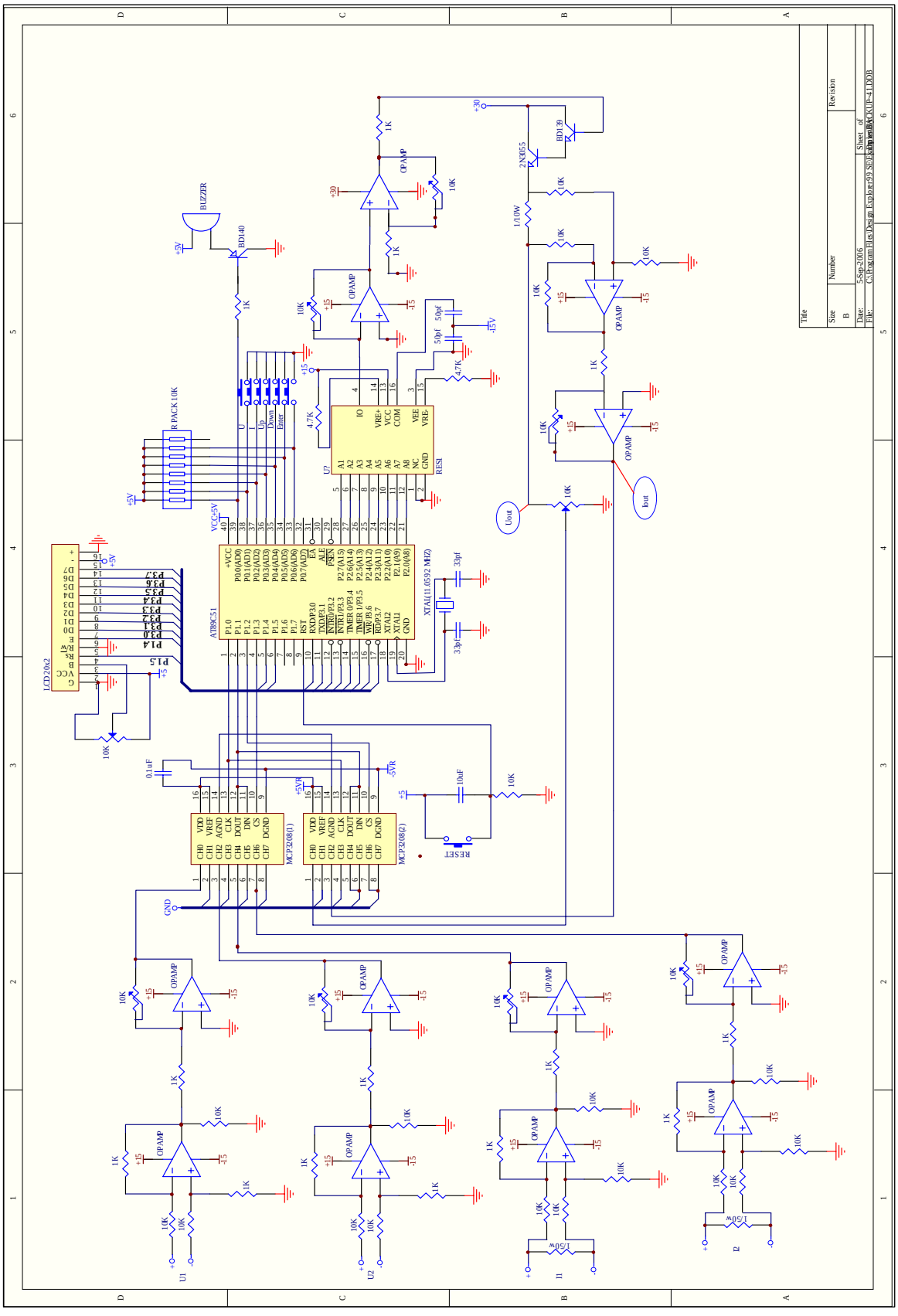
แหล่งจ่ายไฟฟ้าที่นำเสนอนี้เป็นแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรงที่มีโวลต์มิเตอร์ - แอมมิเตอร์แบบดิจิตอลควบคุมโดยไมโครคอนโทรลเลอร์ มีบล็อกไดอะแกรมแสดงดังรูปที่ 1 วงจรรวมแสดงดังรูปที่ 2 ตามลำดับ



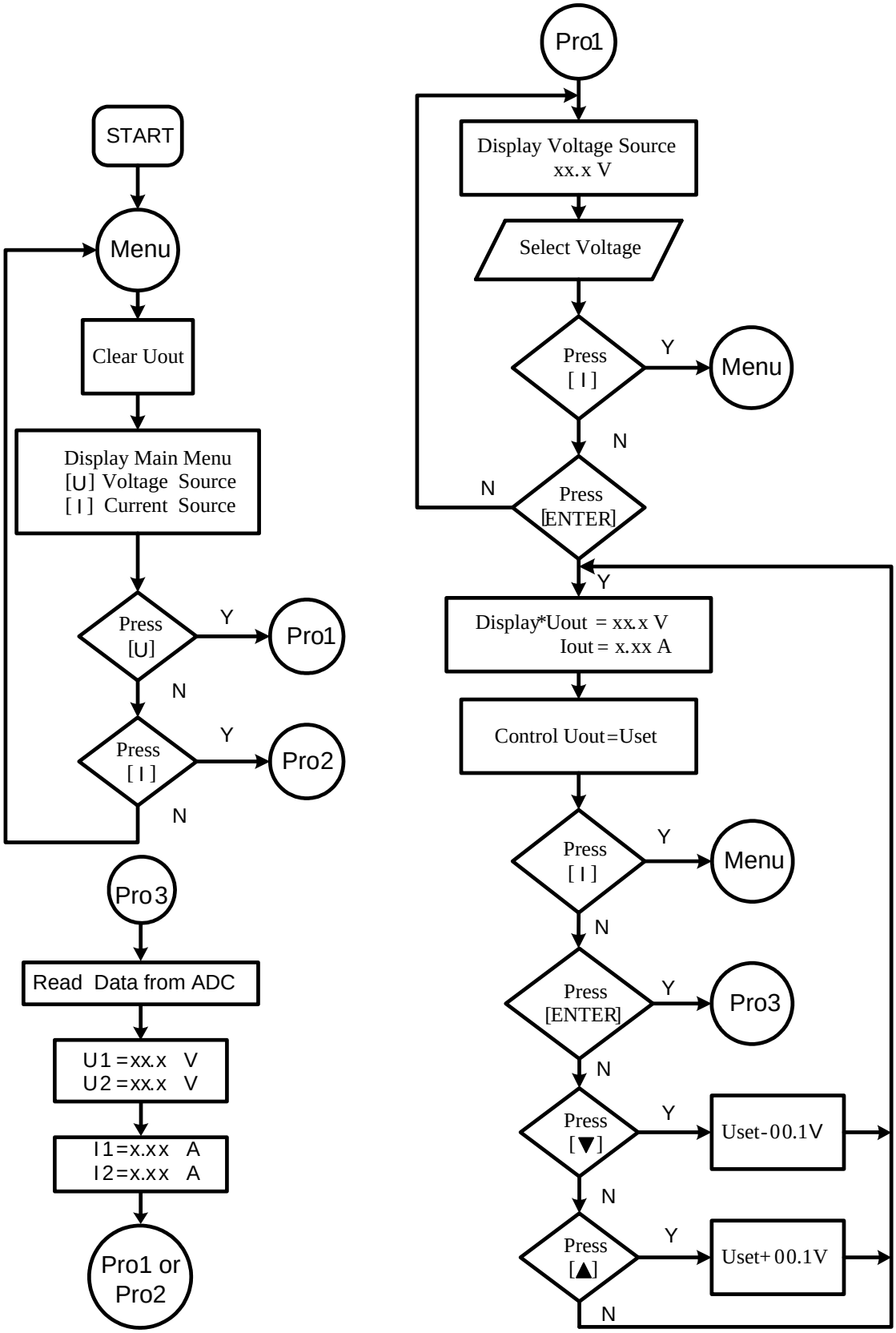
รูปที่ 1 บล็อกไดอะแกรมของบทความที่นำเสนอ

จากรูปที่ 1 และ รูปที่ 2 ใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์เบอร์ AT89C51 เป็นหน่วยประมวลผลกลางควบคุมการทำงานทั้งหมดเพียงตัวเดียว โดยใช้คีย์ U, I, UP, DOWN และ ENTER เป็นตัวเลือกโหมดการทำงานและกำหนดค่าแรงดันหรือกระแสที่ต้องการ แสดงผลโดยผลึกเหลวหรือแอลซีดีขนาด 20 ตัวอักษร 2 บรรทัด (LCD 20 x 2) และตัวกำเนิดเสียง (Buzzer) ตัวแอลซีดีใช้แสดงค่าแรงดันเอาต์พุต U_{out} กระแสเอาต์พุต I_{out} แรงดัน U1 แรงดัน U2 กระแส I1 กระแส I2 และสถานะการทำงานต่าง ๆ ของระบบ ส่วนตัวกำเนิดเสียงใช้แสดงการกดคีย์ต่าง ๆ การลัดวงจรหรือกระแสเกิน วงจรแปลงสัญญาณสัญญาณดิจิตอลเป็นสัญญาณอนาลอก 8 บิต (DAC 8 Bits) ใช้แรงดันอ้างอิง 2.55 V โดยสัญญาณอนาลอกมีค่าอยู่ระหว่าง 0.00-2.55 V ที่เป็นสัดส่วนโดยตรงกับสัญญาณดิจิตอล 00H-FFH (0-255) เมื่อนำสัญญาณอนาลอกขนาดตั้งแต่ 0.00-2.55 V ผ่านวงจรขยายสัญญาณแรงดัน 10 เท่า จะได้แรงดันเอาต์พุต 00.0-25.5 V ในกรณีของโหมดแหล่งจ่ายแรงดันไฟตรงคงที่จะตรวจจับแรงดันเอาต์พุตโดยผ่านวงจรหารแรงดัน 10 ส่วน เพื่อเป็นอินพุตให้กับวงจรแปลงสัญญาณอนาลอกเป็นสัญญาณดิจิตอล (ADC 12 Bits) ที่มีค่าแรงดันอ้างอิงเป็น 4.095 V ถ้าแรงดันที่ตรวจจับได้มีค่าไม่เท่ากับแรงดันที่ต้องการ ไมโครคอนโทรลเลอร์จะสั่งเพิ่มหรือลดข้อมูลไปยังวงจรแปลงสัญญาณสัญญาณดิจิตอลเป็นสัญญาณอนาลอกเพื่อทำให้แรงดันเอาต์พุตมีค่าคงที่ตามต้องการ ส่วนโหมดแหล่งจ่ายกระแสไฟตรงคงที่จะตรวจจับกระแสเอาต์พุตผ่านวงจรขยายความแตกต่างแรงดันซึ่งแปรผันตามกระแสโหลดเพื่อเป็นอินพุตให้กับวงจรแปลงสัญญาณอนาลอกเป็นสัญญาณดิจิตอล ถ้ากระแสที่ตรวจจับได้มีค่าไม่เท่ากับกระแสที่ต้องการ ไมโครคอนโทรลเลอร์จะสั่งเพิ่มหรือลดข้อมูลไปยังวงจรแปลงสัญญาณสัญญาณดิจิตอลเป็นสัญญาณอนาลอกเพื่อทำให้กระแสเอาต์พุตมีค่าคงที่ตามต้องการเช่นเดียวกับโหมดแหล่งจ่ายแรงดันไฟตรงคงที่

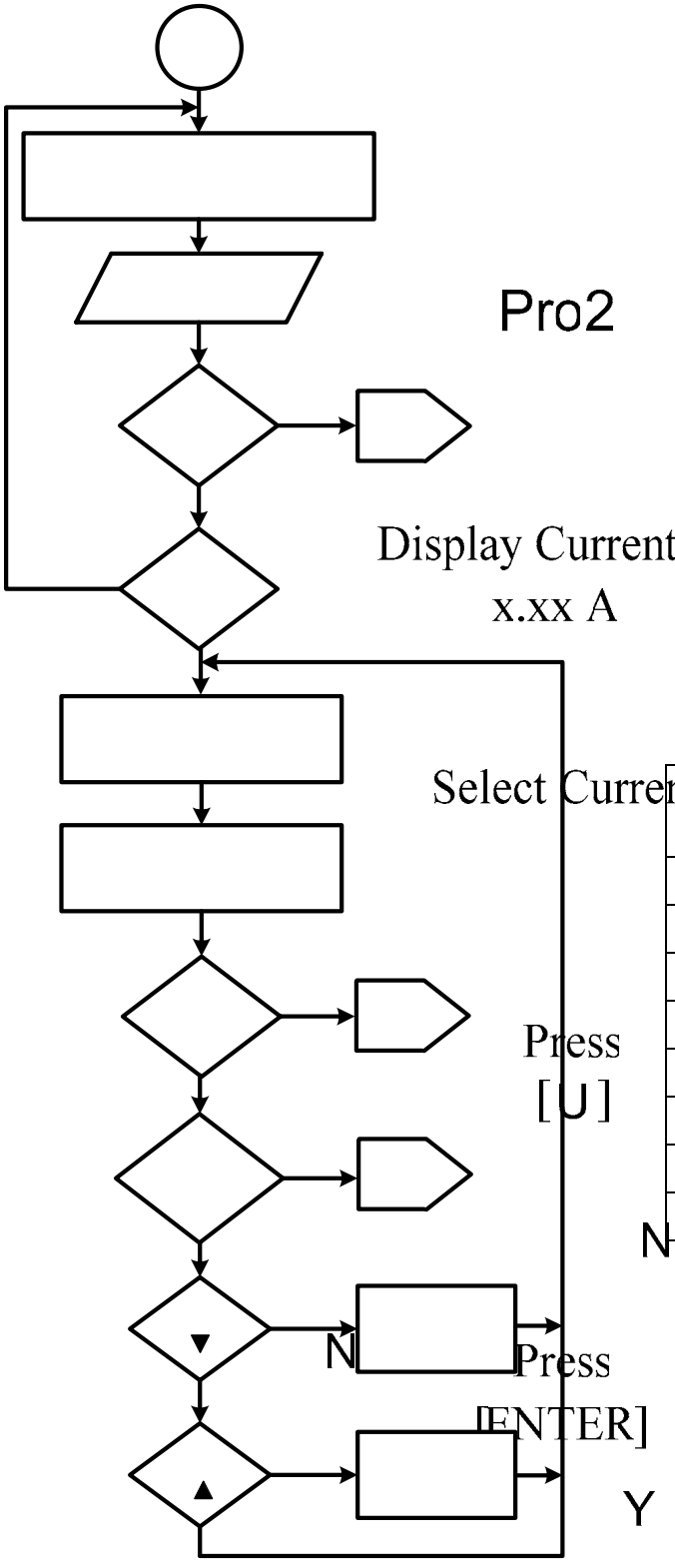
เมื่อผ่านการออกแบบและสร้างแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรงที่มีโวลต์มิเตอร์-แอมมิเตอร์แบบดิจิตอลควบคุมโดยไมโครคอนโทรลเลอร์ในขั้นตอนของฮาร์ดแวร์แล้ว ขั้นตอนต่อไปเป็นการออกแบบตัวซอฟแวร์คือการเขียนโปรแกรมภาษาแอสแซมบลี้ เพื่อบันทึกในไมโครคอนโทรลเลอร์เพื่อใช้ในการควบคุมระบบทั้งหมดให้ได้ตามวัตถุประสงค์ที่ต้องการ ขั้นตอนที่สำคัญในการเขียนโปรแกรมคือการเขียนแผนผังการทำงานของโปรแกรม (Flow chart) แสดงดังรูปที่ 3 ประกอบด้วยโปรแกรมหลัก 1 โปรแกรมและโปรแกรมย่อย 3 โปรแกรม โปรแกรมหลักใช้เลือกโหมดการทำงานของแหล่งจ่ายแรงดันไฟตรงคงที่หรือแหล่งจ่ายกระแสไฟตรงคงที่ ส่วนโปรแกรมย่อยใช้ควบคุมให้เป็นแหล่งจ่ายแรงดันไฟตรงคงที่ แหล่งจ่ายกระแสไฟตรงคงที่ และโวลต์มิเตอร์-แอมมิเตอร์



รูปที่ 2 วงจรรวมของบทความที่นำเสนอ



รูปที่ 3 แผนภูมิการทำงานของโปรแกรม



รูปที่ 3 แผนภูมิการทำงานของโปรแกรม (ต่อ)

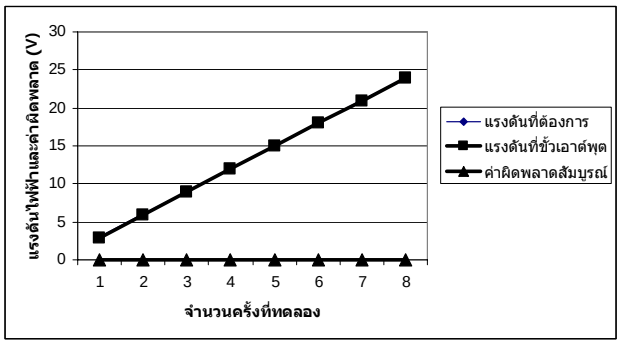
3. การทดลองและผล

เพื่อยืนยันหลักการที่กล่าวมาข้างต้น จึงสร้างแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรงที่มีโวลต์มิเตอร์ - แอมมิเตอร์แบบดิจิตอลควบคุมโดยไมโครคอนโทรลเลอร์ ทำการทดลองคุณลักษณะต่างๆดังนี้

3.1 แหล่งจ่ายแรงดันไฟตรงคงที่ โดยทำการทดลองเพื่อหาค่าแรงดันที่ขั้วเอาต์พุต U_{out} ขณะมีภาระ (On Load) มีค่าภาระเป็น 1 A บันทึกผลการทดลองในตารางที่ 1 และกราฟความสัมพันธ์ของแรงดันที่ต้องการ แรงดันที่ขั้วเอาต์พุต และค่าผิดพลาดสัมบูรณ์ในรูปที่ 4

ตารางที่ 1 แรงดันที่ต้องการ แรงดันที่ขั้วเอาต์พุต และค่าผิดพลาดสัมบูรณ์

ครั้งที่	แรงดันที่ต้องการ(V)	แรงดันที่ขั้วเอาต์พุต(V)	ค่าผิดพลาดสัมบูรณ์(V)
1	3.00	2.95	0.05
2	6.00	5.96	0.04
3	9.00	8.93	0.07
4	12.00	11.94	0.06
5	15.00	14.95	0.05
6	18.00	17.96	0.04
7	21.00	20.94	0.06
8	24.00	23.95	0.05



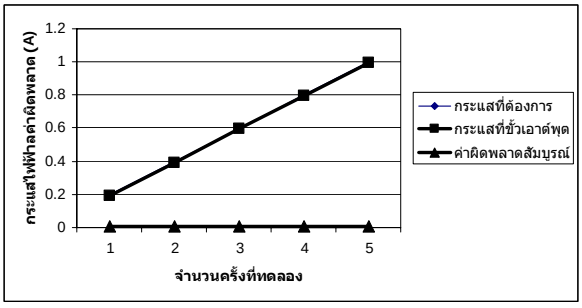
รูปที่ 4 กราฟความสัมพันธ์ของแรงดันที่ต้องการ แรงดันที่ขั้วเอาต์พุต และค่าความผิดพลาดสัมบูรณ์

จากผลการทดลองตามตารางที่ 1 และรูปที่ 4 นี้ พบว่าแรงดันที่ขั้วเอาต์พุตในทุกค่าแรงดันที่ต้องการมีค่าความผิดพลาดสัมบูรณ์ไม่เกิน 0.1 V

3.2 **แหล่งจ่ายกระแสไฟตรงคงที่** โดยทำการทดลองหาค่ากระแสที่ขั้วเอาต์พุต I_{out} บันทึกผลการทดลองในตารางที่ 2 และกราฟความสัมพันธ์ของกระแสที่ต้องการ กระแสที่ขั้วเอาต์พุต และค่าผิดพลาดสัมบูรณ์ในรูปที่ 5

ตารางที่ 2 กระแสที่ต้องการ กระแสที่ขั้วเอาต์พุต และค่าผิดพลาดสัมบูรณ์

ครั้งที่	กระแสที่ต้องการ(A)	กระแสที่ขั้วเอาต์พุต(A)	ค่าผิดพลาดสัมบูรณ์(A)
1	0.200	0.195	0.005
2	0.400	0.394	0.006
3	0.600	0.596	0.004
4	0.800	0.795	0.005
5	1.000	0.994	0.006



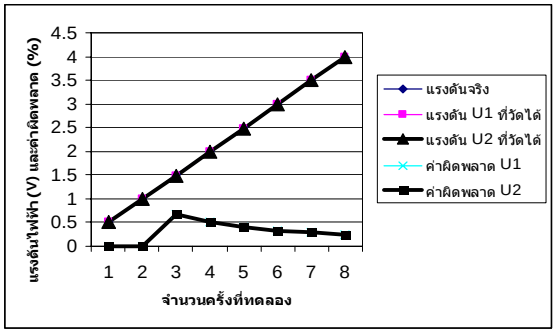
รูปที่ 5 กราฟความสัมพันธ์ของกระแสที่ต้องการ กระแสที่ขั้วเอาต์พุต และค่าผิดพลาดสัมบูรณ์

จากผลการทดลองตามตารางที่ 2 และรูปที่ 5 นี้ พบว่ากระแสที่ขั้วเอาต์พุตในทุกค่าของกระแสที่ต้องการมีค่าความผิดพลาดสัมบูรณ์ไม่เกิน 0.01 A

3.3 **โวลต์มิเตอร์** โดยทำการทดลองเพื่อหาค่าแรงดันที่อ่านค่าได้จากโวลต์มิเตอร์ U1 และโวลต์มิเตอร์ U2 เมื่อป้อนแรงดันค่าจริงตั้งแต่ 5.0 -40.0 V บันทึกผลการทดลองในตารางที่ 3 และกราฟความสัมพันธ์ของแรงดันค่าจริง แรงดันที่วัดได้ และค่าผิดพลาดในรูปที่ 6

ตารางที่ 3 แรงดันจริง แรงดันที่วัดได้และค่าผิดพลาด

ครั้งที่	แรงดันจริง (V)	แรงดัน U1 ที่วัดได้ (V)	แรงดัน U2 ที่วัดได้ (V)	ค่าผิดพลาด U1(%)	ค่าผิดพลาด U2(%)
1	5.0	5.0	5.0	0	0
2	10.0	10.0	10.0	0	0
3	15.0	15.0	15.0	0	0
4	20.0	19.9	19.9	0.500	0.500
5	25.0	24.9	24.9	0.400	0.400
6	30.0	29.9	29.9	0.333	0.333
7	35.0	34.9	34.9	0.286	0.286
8	40.0	39.9	39.9	0.250	0.250



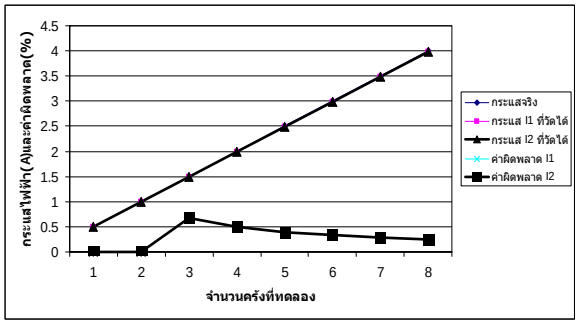
รูปที่ 6 กราฟความสัมพันธ์แรงดันค่าจริง แรงดันที่วัดได้ และค่าผิดพลาด

จากผลการทดลองตามตารางที่ 3 และรูปที่ 6 นี้ พบว่าแรงดันที่วัดได้ทุกครั้งที่ทำการทดลองมีความผิดพลาดจากค่าจริงไม่เกิน 1%

3.4 **แอมมิเตอร์** โดยทำการทดลองเพื่อหาค่ากระแสที่อ่านค่าได้จากแอมมิเตอร์ I1 และแอมมิเตอร์ I2 เมื่อป้อนกระแสค่าจริงตั้งแต่ 0.50 -4.00 V บันทึกผลการทดลองในตารางที่ 4 และกราฟความสัมพันธ์ของกระแสค่าจริง กระแสที่วัดได้ และค่าผิดพลาดในรูปที่ 7

ตารางที่ 4 กระแสค่าจริง กระแสที่วัดได้ และค่าผิดพลาด

ครั้งที่	กระแสจริง (A)	กระแส I1 ที่วัดได้ (A)	กระแส I2 ที่วัดได้ (A)	ค่าผิดพลาด I1(%)	ค่าผิดพลาด I2(%)
1	0.50	0.50	0.50	0	0
2	1.00	1.00	1.00	0	0
3	1.50	1.49	1.49	0.667	0.667
4	2.00	1.99	1.99	0.500	0.500
5	2.50	2.49	2.49	0.400	0.400
6	3.00	2.99	2.99	0.333	0.333
7	3.50	3.49	3.49	0.286	0.286
8	4.00	3.99	3.99	0.250	0.250



รูปที่ 7 กราฟความสัมพันธ์กระแสจริง กระแสที่วัดได้และค่าผิดพลาด

จากผลการทดลองตามตารางที่ 4 และรูปที่ 7 นี้ พบว่ากระแสที่วัดได้ทุกครั้งที่ทำการทดลองมีความผิดพลาดจากค่าจริงไม่เกิน 1%

4. บทสรุป

จากการทดลองในโหมดแหล่งจ่ายแรงดันไฟตรงคงที่ โหมดแหล่งจ่ายกระแสไฟตรงคงที่ โหมดโวลต์มิเตอร์ และโหมดแอมมิเตอร์ ผลการทดลองที่ได้พบว่าเป็นไปตามวัตถุประสงค์ที่ต้องการ ดังนั้นแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรงที่มีโวลต์มิเตอร์ - แอมมิเตอร์แบบดิจิตอลควบคุมโดยไมโครคอนโทรลเลอร์ ที่สร้างขึ้นนี้เหมาะสมที่จะนำไปใช้ในห้องทดลองต่าง ๆทางวิศวกรรมไฟฟ้าและวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์เนื่องจากมีความประหยัด สะดวกในการใช้งาน และค่าความผิดพลาดต่ำ นอกจากนี้ถ้าต้องการค่าความผิดพลาดที่ต่ำกว่านี้ให้เปลี่ยนขนาดของวงจรแปลงสัญญาณอนาลอกเป็นสัญญาณดิจิตอล และวงจรแปลงสัญญาณดิจิตอลเป็นสัญญาณอนาลอกที่มีจำนวนบิตมากกว่านี้

เอกสารอ้างอิง

[1] ไวยพจน์ ศุภบวรเสถียร และ วิภาวัลย์ นาคทรัพย์ “แหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรงแบบโปรแกรมได้ควบคุมโดยไมโครคอนโทรลเลอร์” วารสารวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสยาม ปีที่ 5 ฉบับที่ 10 พ.ศ. 2547.

[2] Guido Socher, Microcontroller based DC power supply, Linux Focus AT90s4433 Series, 2002.

[3] Bradri Ram, Advanced Microprocessors and Microcontrollers, Prentice-Hall, 1955.

[4] Michael Jacob, Industrial Electronics, Prentice - Hall, 1996.