สำนักวิทยบริการและเทคโนโลยีสารสนเทศ

เครื่องสร้างสัญญาณขับนำเกตอเนกประสงค์

(A Multi-purpose Gate Driver)

ลงทะเบียนวันที่ 11 ก.พ. 2552
เลขทะเบียน 099579
เลขหมู่ วพ TK 7871 ย 358 ค
หัวเรื่อง สัญญาณไฟฟ้า

โดย

อาจารย์ยุทธชัย ศิลปวิจารณ์

รศ. ธนบูรณ์ ศศิภานุเดช

สาขาวิชาครุศาสตร์ไฟฟ้า

คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

พฤศจิกายน 2551

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้นำเสนอเครื่องสร้างสัญญาณขับนำเกตอเนกประสงค์ที่มีความสามารถสร้างสัญญาณขับนำวงจรอิเล็กทรอนิกส์ชนิดต่างๆ เช่นวงจรเรียงกระแส หรือวงจรแปลงผันไฟตรง-ไฟตรงแบบวิธีสวิตช์ (วงจรช็อปเปอร์) เป็นต้น โดยที่เครื่องจากต่างประเทศจะต้องใช้เครื่องแยกกัน จึงเกิดความคิดที่จะสร้างเครื่องสร้างสัญญาณขับนำเกตอเนกประสงค์เพื่อวัตถุประสงค์ในการทดแทนการนำเข้าเครื่องสร้างสัญญาณขับนำเกตที่ต้องนำเข้าจากต่างประเทศ

เครื่องสร้างสัญญาณขับนำเกตอเนกประสงค์นี้ประกอบไปด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ dsPIC ที่ทำหน้าที่ประมวลผล, ติดต่อกับผู้ใช้, และสร้างสัญญาณขับนำ โดยมีวงจรตรวจจับแรงดันศูนย์เป็นตัวสร้างจังหวะในการสร้างสัญญาณจุดชนวนให้กับวงจรเรียงกระแส การขับนำและจุดชนวนจะกระทำผ่านออฟโตคัพเปอร์เพื่อความปลอดภัยในการทำงาน การสั่งงานสามารถกระทำได้โดยผ่านปุ่มกด 4 ปุ่ม ที่ประกอบไปด้วย Mode/Escape, OK./Run/Stop, Up, และ Down และยังปรับค่าสั่งผ่านปุ่มหมุนได้ นอกจากนั้นการควบคุมยังสามารถควบคุมด้วยคอมพิวเตอร์โดยกระทำผ่านพอร์ตอนุกรม RS-232 ที่ความเร็ว 9600 bps

ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าเครื่องสร้างสัญญาณขับนำเกตอเนกประสงค์นี้สามารถทำงานได้ดีตามวัตถุประสงค์ โดยสามารถควบคุมผ่านปุ่มกด, ปุ่มหมุน, และคอมพิวเตอร์ได้ดี โดยมีความผิดพลาดของมุมจุดชนวนในการสร้างสัญญาณจุดชนวนในโหมดวงจรเรียงกระแสประมาณ 0.9% และมีความผิดพลาดของวัฏจักรงานในการสร้างสัญญาณขับนำในโหมดวงจรช็อปเปอร์ประมาณ 2.59%

Abstract

A multi-purpose gate driver is proposed. A several power electronics circuits can be driven by this multi-purposed gate driver. The imported gate drivers using in power electronics laboratory were separated gate drivers and very costly, this problems then can be solved by this multi-purposed gate driver.

A proposed multi-purposed gate driver are consist of dsPIC microcontroller plays role as processing unit, user interface, and generates the drive signals. The zero crossing circuit is used for timing control of rectifier circuit drive. The dsPIC as controller are isolated from power electronics circuits by using opto-couplers for the reason of safety. This multi-purposed gate driver can be controlled by 4 key switches, 1 knob, furthermore it can be fully controlled by computer via RS-232 serial communication at 9600bps.

It can be shown that the results are satisfied, it can controlled by key switches, knob, and computer. The errors of the rectifier and chopper mode are 0.9% and 2.59 respectively.

กิตติกรรมประกาศ

โครงการวิจัยเรื่อง "เครื่องสร้างสัญญาณขับนำเกตเอนกประสงค์" นี้เป็นโครงการวิจัยของห้องปฏิบัติการอิเล็กทรอนิกส์กำลัง สาขาวิชาครุศาสตร์ไฟฟ้า คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี ซึ่งได้รับทุนสนับสนุนจากคณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี จากเงินผลประโยชน์ประจำปีงบประมาณ 2550 ตามโครงการสนับสนุนการวิจัย คณะผู้วิจัยขอขอบคุณบุคลากรของคณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมทุกๆท่าน ที่อำนวยความสะดวกทุกอย่างในการเอื้ออำนวยให้โครงการวิจัยนี้เป็นไปอย่างราบรื่นมา ณ ที่นี้ด้วย

อาจารย์ยุทธชัย ศิลปวิจารณ์

รศ. ธนบูรณ์ ศศิภานุเดช

พฤศจิกายน 2551

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	ก
Abstract	ข
กิตติกรรมประกาศ	ค
สารบัญ	ง
สารบัญรูป	จ
สารบัญตาราง	ญ
1. บทนำ	1
2. ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง	2
2.1 วงจรแปลงผันไฟสลับ-ไฟตรงที่ความถี่สายกำลัง	2
2.1.1 วงจรเรียงกระแส 1 เฟสแบบดาว (star)	2
2.1.2 วงจรเรียงกระแส 1 เฟส แบบบริดจ์	4
2.1.3 วงจรเรียงกระแสควบคุม 1 เฟส แบบบริดจ์อสมมาตร	5
2.2 วงจรแปลงผันไฟตรง-ไฟตรง แบบวิธีสวิตซ์	8
2.2.1 การควบคุมแรงดันด้านออกของวงจรแปลงผันไฟตรง-ไฟตรง	8
2.2.2 วงจรทอนระดับ (Buck)	9
2.2.3 วงจรทบระดับ (Boost)	12
2.2.4 วงจรทอนทบระดับ(Buck boost)	13
2.3 ไมโครคอนโทรลเลอร์	15
2.4 ตัวเชื่อมโยงทางแสง (Opto-coupler)	17
3. การออกแบบ	20
3.1 ฮาร์ดแวร์	20
3.2 ซอฟแวร์	23
4. การทดลอง	30
4.1 การทดลองการควบคุมการทำงานของเครื่องสร้างสัญญาณขับนำเกตเอนกประสงค์	30
4.1.1 การควบคุมเครื่องด้วยปุ่มกด	30
4.1.2 การเชื่อมต่อกับคอมพิวเตอร์ เพื่อการควบคุมระยะไกล	33
4.1.3 การทดลองกับวงจรวงจรเรียงกระแสแบบดาวหนึ่งเฟส	39
4.1.4 การทดลองกับวงจรทอนระดับ	42

5. สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ 48
5.1 สรุปผลการทดลอง 49
5.2 ข้อเสนอแนะ 49
บรรณานุกรม 50
ภาคผนวก 51

สารบัญรูป

ลำดับรูป	ชื่อรูป	หน้า
รูปที่ 1	รูปที่ 2.1 วงจรเรียงกระแส 1 เฟสแบบคาวกรณีโหลดคงตัวและกรณีโหลดความต้านทาน	3
รูปที่ 2	รูปที่ 2.2 วงจรเรียงกระแส 1 เฟสแบบบริดจ์กรณีโหลดคงตัว	4
รูปที่ 3	รูปที่ 2.3 วงจรเรียงกระแสควบคุม 1 เฟส แบบบริดจ์อสมมาตร ชนิดที่สวิตซ์ทำงานแบบสมมาตร กรณีกระแสโหลดคงตัว	6
รูปที่ 4	รูปที่ 2.4 วงจรเรียงกระแสควบคุม 1 เฟส แบบบริดจ์อสมมาตร ชนิดที่สวิตซ์ทำงานแบบอสมมาตร กรณีกระแสโหลดคงตัว	7
รูปที่ 5	รูปที่ 2.5 ระบบแหล่งจ่ายกำลังไฟตรง	8
รูปที่ 6	รูปที่ 2.6 การควบคุมแรงดันโดยการตัดต่อสวิตช์	9
รูปที่ 7	รูปที่ 2.7 การควบคุมแบบ PWM	9
รูปที่ 8	รูปที่ 2.8 วงจรทอนระดับ	10
รูปที่ 9	รูปที่ 2.9 รูปคลื่นของวงจรทอนระดับ	10
รูปที่ 10	รูปที่ 2.10 วงจรทบระดับ	12
รูปที่ 11	รูปที่ 2.11 วงจรทอนทบระดับ	14
รูปที่ 12	รูปที่ 2.12 แสดงรายชื่อขาของไมโครคอนโทรลเลอร์ dsPIC30F4011	17
รูปที่ 13	รูปที่ 2.13 ชนิดของตัวเชื่อมโยงทางแสง	18
รูปที่ 14	รูรูปที่ 2.14 แสดงตัวอย่างการใช้งาน Opto-coupler	16
รูปที่ 15	รูปที่ 3.1 บล็อกไดอะแกรมของเครื่องสร้างสัญญาณขับนำเกตอเนกประสงค์	20
รูปที่ 16	รูปที่ 3.2 การกำหนดตำแหน่งขาของ dsPIC	21
รูปที่ 17	รูปที่ 3.3 วงจรขับนำเกต SCR ด้วยแสง	22
รูปที่ 18	รูปที่ 3.4 แสดงวงจรขับนำเกต Mosfet และ IGBT ด้วยแสง	22
รูปที่ 19	รูปที่ 3.5 Main flow chart	24
รูปที่ 20	รูปที่ 3.6 Flow chart การรับค่าสวิตช์ Mode	25
รูปที่ 21	รูปที่ 3.7 Flow chart การรับค่าสวิตช์ OK	25
รูปที่ 22	รูปที่ 3.8 Flow chart การรับค่าสวิตช์ Up และ Down	26
รูปที่ 23	รูปที่ 3.9 Flow chart ของ Sub routines ต่างๆ	27
รูปที่ 24	รูปที่ 3.10 Flow chart ของ Interrupt service routines ต่างๆ	28
รูปที่ 25	รูปที่ 3.11 Flow chart ของ Interrupt service routines	29
รูปที่ 26	รูปที่ 4.1 แสดงหน้าจอ LCD ในสภาวะปกติ	30

ลำดับรูป	ชื่อรูป	หน้า
รูปที่ 27	รูปที่ 4.2 แสดงหน้าจอเมื่อกดปุ่ม Mode/Escape	31
รูปที่ 28	รูปที่ 4.3 แสดงหน้าจอเมื่อกดปุ่ม Up หรือ Down	31
รูปที่ 29	รูปที่ 4.4 แสดงหน้าจอเมื่อกดปุ่ม OK/Run/Stop	31
รูปที่ 30	รูปที่ 4.5 แสดงหน้าจอเมื่อกดปุ่ม Mode/Escape	32
รูปที่ 31	รูปที่ 4.6 แสดงหน้าจอเมื่อกดปุ่ม Up หรือ Down ในสภาวะพร้อมทำงาน	32
รูปที่ 32	รูปที่ 4.7 แสดงหน้าจอเมื่อกดปุ่ม OK./Run/Stop เพื่อตอบรับค่าคำสั่ง ในสภาวะพร้อมทำงาน	32
รูปที่ 33	รูปที่ 4.8 แสดงหน้าจอ LCD เมื่อกดปุ่ม OK/Run/Stop	33
รูปที่ 34	รูปที่ 4.9 แสดงตัวอย่างหน้าจอขณะทำงานเมื่อเปิดเครื่อง	34
รูปที่ 35	รูปที่ 4.10 แสดงตัวอย่างหน้าจอเมื่อกดปุ่ม h	34
รูปที่ 36	รูปที่ 4.11 แสดงตัวอย่างหน้าจอเมื่อกดปุ่ม c และปุ่มตัวเลข 3 หลักเพื่อเปลี่ยน Command	35
รูปที่ 37	รูปที่ 4.12 แสดงตัวอย่างหน้าจอเมื่อกดปุ่ม m และปุ่มตัวเลข 1 หลักเพื่อเปลี่ยน Mode	36
รูปที่ 38	รูปที่ 4.13 แสดงตัวอย่างหน้าจอเมื่อกดปุ่ม r เพื่อสั่งให้ทำงาน (Run)	36
รูปที่ 39	รูปที่ 4.14 แสดงตัวอย่างหน้าจอเมื่อกดปุ่ม s เพื่อสั่งให้ทำงาน (Stop)	37
รูปที่ 40	รูปที่ 4.15 แสดงตัวอย่างหน้าจอเมื่อกดปุ่ม 6	37
รูปที่ 41	รูปที่ 4.16 แสดงตัวอย่างหน้าจอเมื่อกดปุ่ม –	38
รูปที่ 42	รูปที่ 4.17 แสดงตัวอย่างหน้าจอเมื่อกดปุ่ม l	38
รูปที่ 43	รูปที่ 4.18 แสดงรูปคลื่นแรงดันโหลด (รูปคลื่นบน, 50 V/Div) และสัญญาณจุดชนวนที่ SCR Q1 (รูปคลื่นล่าง, 5 V/Div) เมื่อคำสั่งมุมจุดชนวนมีค่า 0 องศา	39
รูปที่ 44	รูปที่ 4.19 แสดงรูปคลื่นแรงดันโหลด (รูปคลื่นบน, 50 V/Div) และสัญญาณจุดชนวนที่ SCR Q1 (รูปคลื่นล่าง, 5 V/Div) เมื่อคำสั่งมุมจุดชนวนมีค่า 30 องศา	39
รูปที่ 45	รูปที่ 4.20 แสดงรูปคลื่นแรงดันโหลด (รูปคลื่นบน, 50 V/Div) และสัญญาณจุดชนวนที่ SCR Q1 (รูปคลื่นล่าง, 5 V/Div) เมื่อคำสั่งมุมจุดชนวนมีค่า 60 องศา	40
รูปที่ 46	รูปที่ 4.21 แสดงรูปคลื่นแรงดันโหลด (รูปคลื่นบน, 50 V/Div) และสัญญาณจุดชนวนที่ SCR Q1 (รูปคลื่นล่าง, 5 V/Div) เมื่อคำสั่งมุมจุดชนวนมีค่า 90 องศา	40
รูปที่ 47	รูปที่ 4.22 แสดงรูปคลื่นแรงดันโหลด (รูปคลื่นบน, 50 V/Div) และสัญญาณจุดชนวนที่ SCR Q1 (รูปคลื่นล่าง, 5 V/Div) เมื่อคำสั่งมุมจุดชนวนมีค่า 120 องศา	41
รูปที่ 48	รูปที่ 4.23 แสดงรูปคลื่นแรงดันโหลด (รูปคลื่นบน, 50 V/Div) และสัญญาณจุดชนวนที่ SCR Q1 (รูปคลื่นล่าง, 5 V/Div) เมื่อคำสั่งมุมจุดชนวนมีค่า 150 องศา	41

ลำดับรูป	ชื่อรูป	หน้า
รูปที่ 49	รูปที่ 4.24 แสดงรูปคลื่นสัญญาณขับนำสวิตช์ (รูปคลื่นบน, 5 V/ Div) และ รูปคลื่นกระแสตัวเหนี่ยวนำ (รูปคลื่นล่าง, 500 mA/Div, 500 mA/Div) ที่วัฏจักรงานเท่ากับ 10%	42
รูปที่ 50	รูปที่ 4.25 แสดงรูปคลื่นสัญญาณแรงดันขาเดรน-ซอร์สของ Mosfet (รูปคลื่นบน, 5 V/ Div) และ รูปคลื่นกระแสตัวเหนี่ยวนำ (รูปคลื่นล่าง, 500 mA/Div) ที่วัฏจักรงานเท่ากับ 10%	42
รูปที่ 51	รูปที่ 4.26 แสดงรูปคลื่นสัญญาณแรงดันด้านออก Mosfet (รูปคลื่นบน, 5 V/ Div) และรูปคลื่นกระแสตัวเหนี่ยวนำ (รูปคลื่นล่าง, 500 mA/Div, 500 mA/Div) ที่วัฏจักรงานเท่ากับ 10%	43
รูปที่ 52	รูปที่ 4.27 แสดงรูปคลื่นสัญญาณขับนำสวิตช์ (รูปคลื่นบน, 5 V/ Div) และ รูปคลื่นกระแสตัวเหนี่ยวนำ (รูปคลื่นล่าง, 500 mA/Div,) ที่วัฏจักรงานเท่ากับ 33%	43
รูปที่ 53	รูปที่ 4.28 แสดงรูปคลื่นสัญญาณแรงดันขาเดรน-ซอร์สของ Mosfet (รูปคลื่นบน, 5 V/ Div) และ รูปคลื่นกระแสตัวเหนี่ยวนำ (รูปคลื่นล่าง, 500 mA/Div) ที่วัฏจักรงานเท่ากับ 33%	44
รูปที่ 54	รูปที่ 4.29 แสดงรูปคลื่นสัญญาณแรงดันด้านออก Mosfet (รูปคลื่นบน, 5 V/ Div) และรูปคลื่นกระแสตัวเหนี่ยวนำ (รูปคลื่นล่าง, 500 mA/Div) ที่วัฏจักรงานเท่ากับ 33%	44
รูปที่ 55	รูปที่ 4.30 แสดงรูปคลื่นสัญญาณขับนำสวิตช์ (รูปคลื่นบน, 5 V/ Div) และ รูปคลื่นกระแสตัวเหนี่ยวนำ (รูปคลื่นล่าง, 500 mA/Div) ที่วัฏจักรงานเท่ากับ 65%	45
รูปที่ 56	รูปที่ 4.31 แสดงรูปคลื่นสัญญาณแรงดันขาเดรน-ซอร์สของ Mosfet (รูปคลื่นบน, 5 V/ Div) และ รูปคลื่นกระแสตัวเหนี่ยวนำ (รูปคลื่นล่าง, 500 mA/Div) ที่วัฏจักรงานเท่ากับ 65%	45
รูปที่ 57	รูปที่ 4.32 แสดงรูปคลื่นสัญญาณแรงดันด้านออก Mosfet (รูปคลื่นบน, 5 V/ Div) และรูปคลื่นกระแสตัวเหนี่ยวนำ (รูปคลื่นล่าง, 500 mA/Div) ที่วัฏจักรงานเท่ากับ 65%	46
รูปที่ 58	รูปที่ 4.33 แสดงรูปคลื่นสัญญาณขับนำสวิตช์ (รูปคลื่นบน, 5 V/ Div) และ รูปคลื่นกระแสตัวเหนี่ยวนำ (รูปคลื่นล่าง, 500 mA/Div) ที่วัฏจักรงานเท่ากับ 10%	46
รูปที่ 59	รูปที่ 4.34 แสดงรูปคลื่นสัญญาณแรงดันขาเดรน-ซอร์สของ Mosfet (รูปคลื่นบน, 5 V/ Div) และ รูปคลื่นกระแสตัวเหนี่ยวนำ (รูปคลื่นล่าง, 500 mA/Div) ที่วัฏจักรงานเท่ากับ 95%	47

ลำดับรูป	ชื่อรูป	หน้า
รูปที่ 60	รูปที่ 4.35 แสดงรูปคลื่นสัญญาณแรงดันด้านออก Mosfet (รูปคลื่นบน, 5 V/ Div) และรูปคลื่นกระแสตัวเหนี่ยวนำ (รูปคลื่นล่าง, 500 mA/Div) ที่วัฏจักรงานเท่ากับ 95%	47
รูปที่ 61	รูปที่ 5.1 แสดงเครื่องสร้างสัญญาณขับนำวงจรอิเล็กทรอนิกส์กำลังจากต่างประเทศ (เยอรมัน)	48

สารบัญตาราง

ลำดับตาราง	ชื่อตาราง	หน้า
ตารางที่ 1	ตารางที่ 2.1 แสดงคุณสมบัติของ dsPIC ในตระกูลสำหรับการแปลงผันพลังงานและควบคุมมอเตอร์	16