

รายการอ้างอิง

1. Kreuger, E. H. Discharge Detection in High Voltage Equipment. 2nd ed. London: Butterworth, 1989. pp 7-85.
2. คมสัน เพ็ชรวิทย์, สำรวัย สังข์สะอาด. "การศึกษาการเกิดดีสชาร์จบางส่วนในอุปกรณ์ไฟฟ้าแรงสูง", การประชุมวิชาการทางวิศวกรรมไฟฟ้า 8 สถาบันอุดมศึกษา ครั้งที่ 7, หน้า ก-70 – ก-78, กรุงเทพมหานคร: สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า วิทยาเขตธนบุรี, 2527.
3. IEC 60270. Partial Discharge Measurements. (n.p.): 1998.
4. Krivda, A. "Automated Recognition of Partial Discharges", IEEE Transactions on Dielectrics and Electrical Insulation. Vol.2 No.5, Oct 1995.
5. ณรงค์ ทองฉิม. เครื่องตรวจจับดีสชาร์จบางส่วนในอุปกรณ์ไฟฟ้าแรงสูง. วิทยานิพนธ์ปริญญา มหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2533.
6. Kuffel, E., and Zaengl, W. S. High Voltage Engineering : Fundamental. 1sted. Oxford: Pergamon Press, 1984. pp. 433-461.
7. Gallagher, T. J., and Pearmain, A., J. High Voltage: Measurement, Testing and Design. 1st ed. John Wiley and Sons, 1983.
8. Kelen, A. "Trends in PD Diagnostics: When New Options Proliferate, so do Old and New Problems", IEEE Transactions on Dielectrics and Electrical Insulation. Vol.2 No.4, Oct 1995.
9. นุซากร ภูมิวัฒน์. การวัดแรงดันคลื่นรบกวนวิทยุที่เกิดจากอุปกรณ์ไฟฟ้าแรงสูง. วิทยานิพนธ์ ปริญญา มหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2525.
10. ณรงค์ ทองฉิม, สันติ ยอดเพชร และ รัฐภูมิ วุฒิจำนงค์. รายงานผลการวิจัยเรื่องระบบตรวจหาตำแหน่งที่เกิดดีสชาร์จบางส่วนในสายเคเบิลไฟฟ้าแรงดันสูง. คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2541.
11. Tongchim, N., Yodpetch, S., Vudhichamnong, R. and Sangkasaad, S. "Design and Construction of a PC-based PD Detector and Locator for HV Cables using FPGA", Proceedings of the 10th International Symposium on High-voltage Engineering (ISH99). Vol.5. London UK., 1999. pp. 260-263.

12. สำรวย สังข์สะอาด. วิศวกรรมไฟฟ้าแรงสูง. กรุงเทพมหานคร: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2528.
13. Boggs, S. A. and Stone, G. C. "Fundamental Limitation in the Measurement of Corona and Partial Discharge", Trans. IEEE EI-17. (n.p.): 1982. pp. 143-150.
14. Kreuger, F. H., Wezelenburg, M. G., Weimer, A. G. and Sonneveld, W. A. "Error in the Location of Partial Discharges in High Voltage Solid Dielectric Cable", IEEE EI-6. (n.p.): 1983.
15. Osvath, P. "Prespective of Partial Discharge Detection and Location", IEEE-Thailand Section Seminar. Bangkok: Chulalongkorn University, 1988.
16. Mole, G. "Three-Phase Coupling Unit for Partial Discharge Test on Cables", Power Engineering Journal. (n.p.): 1987. pp. 311-315.
17. IEC Standard Publ. Electrical Test Methods for Cable. Part2: Partial Discharge Tests. No. 885-2.
18. IEC Standard Publ. Partial Discharge Measurements. No. 270. (n.p.): 1981.
19. IEC Standard Publ. Test Methods for Partial Discharge Measurements. No. 885-3 (n.p.): 1988.
20. Mashikian, M. S., Palmieri, F., Bansai, R. and Northrop, R. B. "Location of Partial Discharges in Shielded Cables in the Presence of High Noise", Trans. IEEE EI-27. (n.p.): 1992. pp. 37-43.
21. Working Group 21.03 CIGRE. "Recognition of Discharges", Electra. Vol. 11. (n.p.): 1969. pp. 61-98.
22. Okamoto, T. and Tanaka, T. "Novel Partial Discharge Measurement: Computer-aided Measurement Systems", IEEE Transactions on Dielectrics and Electrical Insulation. Vol. 21, (n.p.): 1986. pp. 1015-1019.
23. Kranz, H. G. and Krump, R. "Partial Discharge Diagnosis Using Statistical Optimization on a PC-based System", IEEE Transactions on Dielectrics and Electrical Insulation. Vol.27. (n.p.): 1992. pp. 93-98.
24. Gulski, E. "Discharge Pattern Recognition in High Voltage Equipment", IEE Proceedings on Science. Measurement and Technology. Vol.142, (n.p.): 1995. pp. 51-61.

25. Geetha, H. N., Srinivas, M. B. and Ramu, T. S., "Pulse-count Distribution as a Possible Diagnostic Tool for Assessing the Level of Degradation of Rotating Machine Insulation" ,IEEE Transactions on Dielectrics and Electrical Insulation. Vol.25, (n.p.): 1990. pp. 747-756.
26. Kranz, H. G. "Diagnosis of Partial Discharge Using Neural Networks and Minimum Distance Classifiers", IEEE Transactions on Dielectrics and Electrical Insulation. Vol.28, (n.p.): 1993. pp. 1016-1024.
27. Campbell, S. R., Stone, G. S. and Sedding S. G. "Application of Pulse Width Analysis to Partial Discharge Detection", IEEE International Symposium on Electrical Insulation. Baltimore, USA. (n.p.): 1992. pp. 345-348.
28. R. J. Van Brunt. "Importance of Unravelling Memory Propagation Effects in Interpreting Data on Partial Discharge Statistics", IEEE Transactions on Dielectrics and Electrical Insulation. Vol.28, (n.p.): 1993. pp. 905-916.
29. Kim Y. J. and Nelson, J. K. "Assessment of Deterioration in Epoxy/mica Machine Insulation", IEEE Transactions on Dielectrics and Electrical Insulation. Vol. 27, (n.p.): 1992. pp. 1026-1039.
30. Hoof, M. and R. Patsch. "Pulse-sequence Analysis: A New Method for Investigating the Physics of PD-induced Aging", IEE Proceedings on Science, Measurement and Technology. Vol. 142, (n.p.): 1995. pp. 95-101.
31. Fromm, U. PD and Breakdown Testing of High Voltage dc Equipment. Delft University Press, 1995.
32. Sellar A. G., Farish, O. and Peterson, M. M. "UHF Detection of Leader Discharge in SF₆", IEEE Transactions on Dielectrics and Electrical Insulation. Vol. 2, (n.p.): 1995. pp. 143-154.
33. Emery, F. T. and Harrold, R. T. "Radio Frequency Response of a Large Turbine-generator Stator Winding", IEEE Transactions on Energy Conversion. Vol. 1, (n.p.): 1986. pp. 172-179.
34. Sellar A. G., Farish, O. and Hampton, R. F. "Assessing the Risk of Failure due to Particle Contamination of GIS using the UHF Technique", IEEE Transactions on Dielectrics and Electrical Insulation. Vol. 1, (n.p.): 1994. pp. 323-331.

35. Lundgaard, L. E., Tangen, G., Skyberg, B. and Faugstad, K. "Acoustic Diagnosis of GIS; Field Experience and Development of Expert System", IEEE Transaction of Power Delivery. Vol. 7, 1992. pp. 287-294.
36. Harrold, R. T. "Acoustical Technology Applications in Electrical Insulation and Dielectrics", IEEE Transactions on Dielectrics and Electrical Insulation. Vol. 20, 1985. pp. 3-19.
37. Bamji, S. S., Bulinski, A. T. and Densley, R. J. "Degradation of Polymeric Insulation due to Photoemission Caused by High Electric Fields", IEEE Transactions on Dielectrics and Electrical Insulation. Vol. 24, 1989. pp. 91-98.
38. Tou, J. T., Gonzales, R. C. Pattern Recognition Principles. Addison-wesley, 1974.
39. Mohahir, P. S. Pattern Recognition Transform. Research Studies Press, 1992.
40. Masroua, A. A., Bartnikas, R. and Salama, M. M. A. "Nural Network System using the Multi-layer Perceptron Technique for the Recognition of PD Pulse Shape due to Cavities and Electrical Trees", IEEE Transaction on Power Delivery. Vol. 10, 1995. pp. 92-96.
41. Satish, L. and Zaengl, W. S. "Can Fractal be used for Recognizing 3-D Partial Discharge Patterns?", IEEE Transaction of Dielectrics and Electrical Insulation. Vol. 2, 1995. pp. 352-359.
42. Chen S. S., Keller J. M. and Crownover, R. M. "On the calculation of Fractal Features from Images", IEEE Transaction on Pattern Analysis and Machine Intelligence. Vol. 15, No. 10, 1993. pp. 1087-1090.
43. Hauschild, W. and Mosch, W. Statistical Techniques for High-voltage Engineering. UK: Peter Peregrinus, 1992.
44. Evans, C., Haimov, S., Moore, R. K. and Hesany, V. "Determination of Ocean Environmental Parameters from a Ka-band Scatterometer", OCEANS '93. Engineering in Harmony with Ocean. Proceedings. Vol. 2, 1993. pp. II/1-II/4.
45. Hwang, C. L. and Yoon, K. Multiple Attribute Decision Making. Springer Verlag, 1981.

46. National Instrument Corporation. LabVIEW User Manual. 1996.
47. Lam, H. Analog and Digital Filter Design and Realization. Prentice-Hall, 1979.
p. 252.
48. National Semiconductor Corporation. Data Book: Data Acquisition Linear Devices.
1989.
49. Orfanidis, S. Introduction to Signal Processing. Prentice-Hall, 1996. pp. 652-657.
50. Perry D. L. VHDL: Second Edition. Singapore: McGraw-Hill, 1994. pp. 1-14.
51. Shanley T. and Anderson D. ISA System Architecture. 3rd ed. Mindshare, 1995.
52. Lewin-Berlin, S. "Windows Device Driver Architecture", Vireo White Paper. Vireo
Software, 1997.
53. Heubaum, K. "Windows™95 Interrupt Latency", Vireo White Paper. Sterling
Information Group, 1995.
54. รัฐภูมิ วุฒิจำนงค์ และคณะ. "การออกแบบสร้างเครื่องตรวจจับดีสชาร์จบางส่วนในอุปกรณ์
ไฟฟ้าแรงสูงโดยใช้คอมพิวเตอร์เป็นฐาน". การประชุมวิชาการทางวิศวกรรมไฟฟ้า ครั้งที่
22. หน้า 705 – 708, กรุงเทพมหานคร: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 2542.
55. Heerama, M. D. Designing for Electromagnetic Compatibility. John Wiley & Sons,
1996.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

การคำนวณสัญญาณรบกวน

การคำนวณสัญญาณรบกวนที่อินพุตของวงจรถ่ายภาคต้น(Pre-amplifier) โดยใช้
ออปแอมป์ มีดังต่อไปนี้

$$e_{ni(total)} = [(e_{ni})^2 + (i_{ni}R_{eq}^+)^2 + (i_{ni}R_{eq}^-)^2 + (e_{nt}^+)^2 + (e_{nt}^-)^2]^{1/2} \quad (ก.1)$$

$$(e_{nt}^\pm)^2 = 4KTR_{eq}^\pm \quad (ก.2)$$

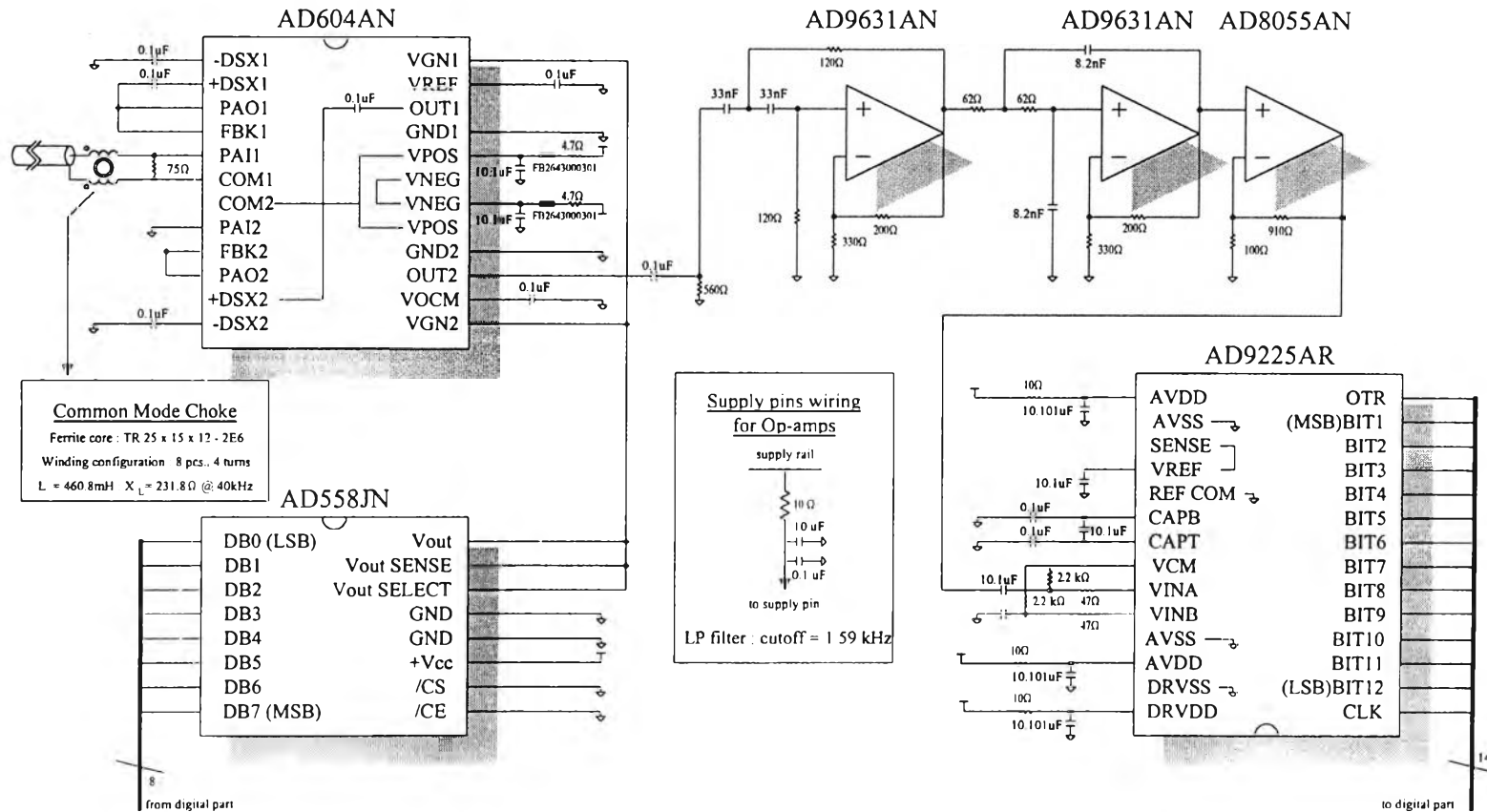
$$V_{n(rms)} = e_{ni(total)} B_{eq}^{1/2} \quad (ก.3)$$

- เมื่อ
- e_{ni} คือ แรงดันรบกวนที่อินพุตออปแอมป์
 - i_{ni} คือ กระแสรบกวนที่อินพุตออปแอมป์
 - R_{eq}^+ คือ ความต้านทานสมมูลที่อินพุตของออปแอมป์ด้านไม่กลับขั้ว
 - R_{eq}^- คือ ความต้านทานสมมูลที่อินพุตของออปแอมป์ด้านกลับขั้ว
 - B_{eq} คือ แบนด์วิดท์สมมูลที่พิจารณา หรือ เรียกว่า "Power bandwidth"
 - K คือ ค่าคงตัวโบลต์ซมันน์ = 1.38×10^{-23} Joules/K
 - T คือ อุณหภูมิสัมบูรณ์ (K) ปกติจะคิดที่ 300 K

ตัวอย่างการคำนวณสัญญาณรบกวนในบทที่ 3 ของไอซีเบอร์ AD604 ของบริษัท Analog Devices Inc. ซึ่งมีค่า $e_{ni} = 0.8 \text{ nV}/\sqrt{\text{Hz}}$ และ $i_{ni} = 3 \text{ pA}/\sqrt{\text{Hz}}$ และจากวงจรที่ออกแบบจะได้ว่า $R_{eq}^+ = 75 \text{ } \Omega$, $R_{eq}^- = 0 \text{ } \Omega$, $B_{eq} \approx 1.4 \text{ B}$ และ $T = (273 + 85) \text{ K}$ แทนค่าในสมการ ก.1) และ ก.2) จะได้ $V_{n(rms)} = 0.987 \approx 1 \text{ } \mu\text{V}_{(rms)}$

ภาคผนวก ข

ไดอะแกรมของวงจรแอนะล็อกภาคตรวจจับ PD



รูปที่ ข.1 ไดอะแกรมของวงจรแอนะล็อกภาคตรวจจับ PD

ภาคผนวก ค

การตั้งค่าดิปลวิตซ์สำหรับแผงวงจรที่ออกแบบสร้าง

การตั้งค่าดิปลวิตซ์ในแผงวงจรมีวัตถุประสงค์เพื่อกำหนดเบสแอดเดรสของการ์ดในการอ่านและเขียนอินพุตเอาต์พุตพอร์ต ซึ่งสามารถตั้งค่าได้ดังตารางที่ ค.1

ตารางที่ ค.1 การตั้งค่าดิปลวิตซ์

เบสแอดเดรส อินพุต เอาต์พุตพอร์ต	SW8	SW7	SW6	SW5	SW4	SW3	SW2	SW1
200-207	0	0	0	0	0	0	0	0
208-20F	0	0	0	0	0	0	0	1
210-217	0	0	0	0	0	0	1	0
218-21F	0	0	0	0	0	0	1	1
220-227	0	0	0	0	0	1	0	0
228-22F	0	0	0	0	0	1	0	1
230-237	0	0	0	0	0	1	1	0
238-23F	0	0	0	0	0	1	1	1
240-247	0	0	0	0	1	0	0	0
248-24F	0	0	0	0	1	0	0	1
250-257	0	0	0	0	1	0	1	0
258-25F	0	0	0	0	1	0	1	1
260-267	0	0	0	0	1	1	0	0
268-26F	0	0	0	0	1	1	0	1
270-277	0	0	0	0	1	1	1	0
278-27F	0	0	0	0	1	1	1	1
280-287	0	0	0	1	0	0	0	0

เบสแอดเดรส อินพุต เอาต์พุตพอร์ต	SW8	SW7	SW6	SW5	SW4	SW3	SW2	SW1
288-28F	0	0	0	1	0	0	0	1
290-297	0	0	0	1	0	0	1	0
298-29F	0	0	0	1	0	0	1	1
2A0-2A7	0	0	0	1	0	1	0	0
2A8-2AF	0	0	0	1	0	1	0	1
2B0-2B7	0	0	0	1	0	1	1	0
2B8-2BF	0	0	0	1	0	1	1	1
2C0-2C7	0	0	0	1	1	0	0	0
2C8-2CF	0	0	0	1	1	0	0	1
2D0-2D7	0	0	0	1	1	0	1	0
2D8-2DF	0	0	0	1	1	0	1	1
2E0-2E7	0	0	0	1	1	1	0	0
2E8-2EF	0	0	0	1	1	1	0	1
2F0-2F7	0	0	0	1	1	1	1	0
2F8-2FF	0	0	0	1	1	1	1	1
300-307	0	0	1	0	0	0	0	0
308-30F	0	0	1	0	0	0	0	1
310-317	0	0	1	0	0	0	1	0
318-31F	0	0	1	0	0	0	1	1
320-327	0	0	1	0	0	1	0	0
328-32F	0	0	1	0	0	1	0	1
330-337	0	0	1	0	0	1	1	0
338-33F	0	0	1	0	0	1	1	1
340-347	0	0	1	0	1	0	0	0
348-34F	0	0	1	0	1	0	0	1
350-357	0	0	1	0	1	0	1	0
358-35F	0	0	1	0	1	0	1	1

เบสแอดเดรส อินพุต เอาต์พุตพอร์ต	SW8	SW7	SW6	SW5	SW4	SW3	SW2	SW1
360-367	0	0	1	0	1	1	0	0
368-36F	0	0	1	0	1	1	0	1
370-377	0	0	1	0	1	1	1	0
378-37F	0	0	1	0	1	1	1	1
380-387	0	0	1	1	0	0	0	0
388-38F	0	0	1	1	0	0	0	1
390-397	0	0	1	1	0	0	1	0
398-39F	0	0	1	1	0	0	1	1
3A0-3A7	0	0	1	1	0	1	0	0
3A8-3AF	0	0	1	1	0	1	0	1
3B0-3B7	0	0	1	1	0	1	1	0
3B8-3BF	0	0	1	1	0	1	1	1
3C0-3C7	0	0	1	1	1	0	0	0
3C8-3CF	0	0	1	1	1	0	0	1
3D0-3D7	0	0	1	1	1	0	1	0
3D8-3DF	0	0	1	1	1	0	1	1
3E0-3E7	0	0	1	1	1	1	0	0
3E8-3EF	0	0	1	1	1	1	0	1
3F0-3F7	0	0	1	1	1	1	1	0
3F8-3FF	0	0	1	1	1	1	1	1

ภาคผนวก ง

โครงสร้างข้อมูลที่ใช้ในการติดต่อกับดีไวซ์ไครเวอร์ PD.VxD

โครงสร้าง (Structure) ทุกตัวต้องมีการทำ 8 words boundary aligning ประกอบด้วย HWCON, PDRealtimeParam, PDOfflineParam และ PDAnlParam ดังมีรายละเอียดต่อไปนี้

1) HWCON มีรายละเอียดของโครงสร้างแสดงในตารางที่ ง.1

ตารางที่ ง.1 โครงสร้างของ HWCON ซึ่งเป็นพารามิเตอร์โดยปริยายของฮาร์ดแวร์

The Hardware Parameter		Type	Range	Realtime	Offline	Analysis	Note
1	Gain	int	-	1	1	1	
2	Threshold	int	-	1	1	1	
3	Lockouttime	int	-	x18f	x18f	x18f	
4	Pdoffset	int	-	0	0	0	
5	Tvoffset	int	-	0	0	0	
6	Adc1offset	int	-	0	0	0	Not used
7	Adc2offset	int	-	0	0	0	Not used
8	Freq	int	50,100, 200	50	50	50	
9	Intext	int	0,1 (int, ext)	1	1	1	
10	Controlreg	int	-	-	-	-	
11	Portbase	int	x280 – x380	x280	x280	x280	
12	Irqchannel	int	10, 11	10	10	10	
13	Drqchannel	int	5, 6	5	5	5	

หมายเหตุ: int นั้นมีขนาด 32 บิต (ใน MSVC สิ่งเดียวที่รับประกันได้ว่ามีขนาด 16 บิต คือ WORD)

2) PDRealtimeParam มีรายละเอียดของโครงสร้างแสดงในตารางที่ ง.2 และ ง.3 โดยกระบวนการคือ สร้าง Thread ขึ้นมา 2 ตัว สำหรับ 2 Event โดยให้แต่ละ Thread รอคอย Event แต่ละตัว ขั้นตอนการทำงานปกติคือ เริ่มการทำงานเมื่อได้รับคำสั่ง READ_PD_REALTIME เมื่อ Thread ที่รอ

คอยสัญญาณ retrieving data ได้รับสัญญาณก็จะทำคำสั่ง READ_PD_DATA_TAKEN เพื่อรับข้อมูลที่ส่งมาจากฮาร์ดแวร์วนรอบไปเรื่อยๆ จนกว่าจะได้รับคำสั่ง READ_PD_DATA_END (อีก Thread ใช้สำหรับรอคอยสัญญาณ ack overrun เมื่อเกิดการ overrun ซึ่งใช้เฉพาะการถ่ายโอนข้อมูลในโหมด DMA เท่านั้น)

ตารางที่ ง.2 โครงสร้างของ PDRealtimeParam ส่วนที่ป้อนเข้าสู่ DeviceIOControl

Parameter	Type	Range
hwParam	HWCON	To use Program I/O Let hwParam.drqchannel = 0
EventArray	HANDLE [2]	[0] = Ring 0 Event Handle to retrieving data [1] = Ring 0 Event Handle to ack overrun

ตารางที่ ง.3 โครงสร้างของ PDRealtimeParam ส่วนที่รับมาจาก DeviceIOControl

Parameter	Type	Note
OutBuf	Char *	Pointer to data buffer
Bytesret	DWORD	Size of data buffer in bytes

3) PDOfflineParam มีรายละเอียดของโครงสร้างแสดงในตารางที่ ง.4 และ ง.5 โดยกระบวนการคือ สร้าง Thread ขึ้นมา 1 ตัว เพื่อรอคอย 1 Event คือ retrieving data ขั้นตอนการทำงานคือเรียกใช้ด้วยคำสั่ง PD_OFFLINE

ตารางที่ ง.4 โครงสร้างของ PDOfflineParam ส่วนที่ป้อนเข้าสู่ DeviceIOControl

Parameter	Type	Range
HwParam	HWCON	-
EventArray	HANDLE	Ring 0 Event Handle to retrieving data
Sync	Int	0 = Internal Sync 1 = External Sync

ตารางที่ ง.5 โครงสร้างของ PDOOfflineParam ส่วนที่รับมาจาก DeviceIOControl

Parameter	Type	Note
OutBuf	Char *	Pointer to data buffer
Bytesret	DWORD	Size of data buffer in bytes

4) PDAnlParam มีรายละเอียดของโครงสร้างแสดงในตารางที่ ง.6 โดยกระบวนการคือ สร้าง Thread ขึ้นมา 1 ตัว เพื่อรอคอย Event ตัวใดตัวหนึ่งใน 2 Event ขั้นตอนการทำงานคือ เรียกใช้ ด้วยคำสั่ง PD_ANALYSIS

ตารางที่ ง.6 โครงสร้างของ PDOOfflineParam ส่วนที่ป้อนเข้าสู่ DeviceIOControl

Parameter	Type	Range
HwParam	HWCON	-
PFName	Char [12]	Output file name
Timer	ULONG	in seconds
EventArray	HANDLE [2]	[0]= Ring 0 Event Handle to ack close file success [1] = Ring 0 Event Handle to ack close file error and set time out error
Ntime	WORD	Number of times

5) การตั้งค่าพารามิเตอร์ของการ์ด คำสั่งใน DeviceIOControl คือ SETPARAM โดยตั้งค่าใน hwParam ซึ่งเป็นโครงสร้างแบบ HWCON โดยจะทำการเปรียบเทียบค่าในแต่ละ Field ว่าเหมือนเดิมหรือไม่ ถ้าไม่เหมือนเดิมจะทำการโปรแกรมค่าใหม่ลงไปแทน

ประวัติผู้เขียน

นายรัฐภูมิ วุฒิจำนงค์ เกิดเมื่อวันที่ 19 มิถุนายน 2518 ที่จังหวัดกรุงเทพมหานคร สำเร็จการศึกษา วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต(เกียรตินิยม) สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ปีการศึกษา 2539

เคยทำงานเป็นผู้ช่วยวิจัยที่ศูนย์เชี่ยวชาญพิเศษเฉพาะด้านเทคโนโลยีไฟฟ้ากำลัง คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เมื่อปี 2539-2541 เคยเดินทางไปเสนอบทความเรื่อง "Design and Construction of a PC-based PD Detector and Locator for HV Cables using FPGA" ในงานประชุมวิชาการ Eleventh International Symposium on High-voltage Engineering (ISH99) จัดโดย IEE ณ กรุงลอนดอน ประเทศอังกฤษ เมื่อปี 2542

