

논문 2022-1-5 <http://dx.doi.org/10.29056/jsav.2022.06.05>

모니터 일체형 사무용 미니컴퓨터 성능 분석

김홍균*†, 이규대**, 김시열***

Performance Analysis of Office Mini-computer with Integrated Monitor

Hong-Kyun Kim*†, Kyu-Tae Lee**, Si-Yeol Kim***

요 약

본 논문은 모니터 일체형 사무용 미니컴퓨터의 전원회로 설계 실수에 따른 전체 시스템 성능에 미치는 내용을 분석한 것이다. 설계된 PCB 보드에 사용된 부품들을 토대로 회로를 유추하고 주요 DC/DC 전력변환 회로에 대한 시뮬레이션을 진행하였다. 모니터 일체형 미니컴퓨터의 100%에 근접한 프로세서 부하를 걸어 이때 나타날 수 있는 이상 현상 및 전기적인 노이즈를 측정하여 문제 될 수 있는 부분을 검증하였다. 이러한 결과를 토대로 일반적인 사용 및 작동에서는 나타나지 않았던 전기적인 현상들이 주변의 물리적 환경 변화에 따라 일시 동작 정지나 영구 고장으로 발전될 수 있음을 확인하였다.

Abstract

This paper analyzes the contents of the power circuit design mistake of a monitor-integrated office mini-computer on the overall system performance. Based on the components used in the designed PCB board, circuits were inferred and simulations of essential DC/DC power circuits were conducted. By applying a processor load close to 100% of the monitor-integrated mini-computer, abnormal phenomena and electrical noise may appear at this time were measured to verify the problematic parts. Based on these results, it was confirmed that electrical phenomena that did not appear in normal use and operation could develop into temporary operation stops or permanent failures depending on changes in the surrounding physical environment.

한글키워드 : 사무용 미니컴퓨터, DC/DC 전원회로, 전원설계, 부품하자

keywords : Office Mini-computer, DC/DC Power circuit, Power circuit design, Device parts defect

1. 서 론

최근 전자정부 활성화로 인하여 행정업무에 최적화된 전용 컴퓨터가 정부기관 및 지자체에 많이 보급되어 있으며 기존 방식인 본체와 모니터가 별도로 분리된 형태에서 본체 및 모니터가 일체화된 방식으로 전환되고 있는 추세이다. 이것의 특징으로는 인터넷 검색과 문서 처리에 최적화되어 있어서 메인보드 크기가 작고 구성이

* 한밭대학교 전자공학과

** 공주대학교 정보통신공학부

*** 한국지식재산연구원

† 교신저자: 김홍균(email: dasnet@nate.com)

접수일자: 2022.06.10. 심사완료: 2022.06.16.

게재확정: 2022.06.20.

간단하며 전력 소모가 적다는 장점이 있다.

모니터 일체형 사무용 미니컴퓨터는 작동에 필요한 전체 전력이 100W 미만의 전원설계를 위한 기술과 메인보드에서 출력되는 영상 신호를 변환하는 제어회로 파트 설계기술이 필요하다. 또한 DC/DC 변환을 포함하는 LCD 광원을 위한 LED백라이트 파트와 오디오 커넥션 파트의 회로 설계가 요구된다.

본 논문은 이러한 기능 설계에 있어서 제조사 또는 설계자의 실수로 인하여 발생할 수 있는 문제점을 분석하고 검증하였다.

주요 부품 업체의 데이터시트를 기반으로 설계 문제로 인한 증상을 논하였으며 시스템을 구성하고 있는 각 파트 부품들을 토대로 회로를 역으로 유추하여 전원설계 문제로 인해서 발생할 수 있는 현상들을 시뮬레이션 및 실험을 통해서 검증하였다[1][2][3].

2. 시스템 구성

2.1 하드웨어 구성 요소

모니터 일체형 미니컴퓨터는 디스플레이를 구현하는 24인치(실제23.8인치) LCD파트와 메인시스템인 인텔 NUC7i5DNB 마더보드(i5 Core CPU) 24인치 LCD 패널에 신호를 전달하는 LCD 드라이버 보드와 LCD 백라이트 보드 및 USB와 오디오 신호를 전달하는 커넥션 보드, 주 전원장치인 스위칭 어댑터로 구성된다.

그림 1은 시스템 주요 구성 부품에 대한 것으로 메인시스템인 인텔 NUC7i5DNB 보드는 CPU를 설계한 미국 인텔사의 제품이 사용되었고 24인치 LCD 패널은 국내 대기업인 엘지디스플레이 제품이 사용되었다.



그림 1. 시스템 주요 구성 부품

Fig. 1. System main components

전원 장치는 UL, KC 마크를 획득한 중국제 스위칭 어댑터가 사용되었다. 따라서 상기 언급한 파트를 제외한 LCD 드라이버 보드와 LCD 백라이트 보드 및 USB와 오디오 신호를 전달하는 커넥션 보드로 구분되며 통상 모니터 일체형 미니컴퓨터 제작사들이 설계하는 주된 내용이다 [4][5].

2.2 모니터 일체형 미니컴퓨터의 설계 범위

제작사가 설계한 LCD 드라이버 보드의 주된 기능은 NUC7i5DNB 마더보드에서 영상신호를 받아서 디스플레이를 위한 신호 전달과 제어 전원을 제공하는 역할을 한다. 또한 LED 백라이트 보드는 LCD파트의 LED광원에 제공되는 전압을 승압하기 위한 것으로 DC/DC 부스트 컨버터(Boost Converter) 기능을 포함하고 있으며 USB와 오디오 커넥션 보드는 외부 USB 기기와의 인터페이스와 오디오 입출력을 위한 커넥션 역할을 한다. 따라서 모니터 일체형 미니컴퓨터 제조사는 기존 조립형 데스크탑 컴퓨터 업체처럼 단순 조립이 아니라 별도로 설계 제작해야 하는 파트가 존재하며 설계 및 제작한 내용에 따라 컴퓨터

의 내구성 및 성능에 큰 영향을 준다. 따라서 이러한 기능적 설계 요소에 의한 문제시 제품을 설계한 제작사와 판매사와의 중요 논란의 이슈가 발생할 수 있다.

3. 하드웨어 동작 시험

3.1 회로 유추를 통한 설계 분석

하드웨어를 설계하는 엔지니어는 PCB보드 회로설계 시에 부품 제조사가 제시하는 데이터시트의 전기/전자적으로 허용하는 범위 내에서 시스템을 설계하여야 한다. 따라서 시스템 설계 전, 각 파트에 필요한 부품의 세부 기술 내용을 완벽하게 이해한 후 회로에 적용할 필요가 있다.

본 검증을 위해서 각 파트별 보드에 취부된 부품번호와 제조사에서 제공하는 매뉴얼 및 데이터시트를 통해서 회로를 유추하여 문제점을 분석하였다. 인텔에서 제시하는 NUC7i5DNB 메인보드의 최대 전력은 65W이다. 세부적으로는 Intel NUC Board/Kit NUC7i5DN Technical Product Specification에서 정의한 각 파트별 요구되는 최대 전력량의 합계는 표 1과 같이 59.91W로 산정된다. 따라서 NUC7i5DNB 메인보드에 필요한 전원을 설계할 경우에는 최소 65W가 되도록 해야 하며, 그 외 LCD 영상보드, LED 백라이트 보드, 오디오 및 USB 인터페이스를 감안하면 87W 이상의 필요 전력이 요구된다.

2X2 Internal DC Connector로 공급하는 전류는 10A를 초과해서 설계할 수 없으며, 커넥터는 NUC7i5DNB 메인보드 자체를 위한 전원 공급원으로 외부에 취부되는 별도 보드의 전원 공급을 위한 커넥터의 용도로 사용하면 문제 발생의 소지가 있다. 따라서 설계자가 시스템에서 요구되는 전체 전력을 잘못 계산하거나 커넥터의 용도

를 다른 형태로 설계를 변경한다면 일반적인 상황에서 동작이 되더라도 추후 시스템의 이상 현상과 더불어 100% 성능이 보장될 수 없다. 따라서 전체 시스템에 공급되는 전력이 87W 미만으로 설계되었거나 내부 커넥터의 용도가 확장용 보드를 위한 것으로 사용되었다면 잘못된 설계 방법이라고 판단할 수 있다.

표 1. 메인보드에 필요한 전력

Tanle. 1. Total power required for the motherboard

NUC7i5DNBE (3 rd party chassis)	Estimated Adapter Power Consumption (W)
CPU KBL-U 15 W SoC	15
Chipset	2.38
2 x DDR4 SODIMM	7.99
WLAN	0.40
2 x USB 2.0 (Internal)	2.78
USB 3.0 (Internal)	2.50
4 x USB 3.0	20
2 x HDMI 2.0	0.06
M.2 2280 Module	3.03
SATA HDD 2.5"	4.43
LAN	0.07
Front Panel	0.56
HDMI CEC	0.11

Table 27. Fan Header Current Capability

Fan Header	Maximum Available Current
Processor fan	.6 A

= 59.91W(와트)

3.2 부하를 이용한 문제 분석

그림 2는 ML238WFC2 LCD 패널의 내부 제어 블록도를 나타낸 것이다. 실제 영상을 만들어 패널에 공급하는 제어보드와 백라이트 광원을 위한 LED Bar에 공급되는 전원을 만드는 부스트 컨버터(Boost Converter)의 동작 전압을 상승시키는 전력변환 보드이다. LCD 드라이브 보드를 통해서 DC12V 전압을 받아 45.3V의 상승된 전압으로 변환한다. 필요한 전류가 85mA이므로 입력으로 들어오는 전압이 12V이기 때문에 보드 동작전류 및 손실전류를 제외하고 0.96A 이상이 되도록 설계되어야 하며 허용하는 출력의 리플

전압은 제작사의 데이터시트 제안에 따라 최대 300mVpp 내로 설계되어야 한다. 이것을 위한 전력변환에 필요한 소자로는 부스트 컨버터용으로 대만 바이텍사의 PWM(Pulse With Modulation) 전용 제어 디바이스가 사용되었다.

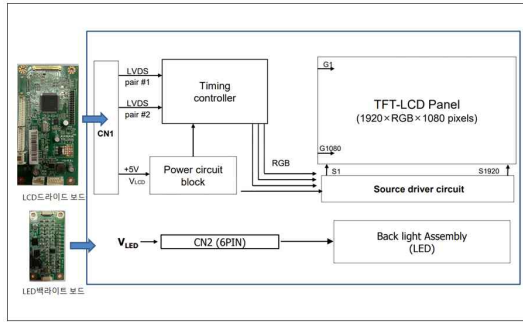


그림 2. LM238WF2 LCD 내부 구성도
Fig. 2. LM238WF2 LCD internal diagram

BIT3267은 피드백 전압, 과전압 보호, 과전류 보호 및 부하 단락 보호 기능을 갖춘 LED 백라이트 공급 장치에 사용되는 컨트롤러로써 입력전압 DC12V를 부스트 컨버터 회로를 통해서 DC45.3V로 전력변환 하는 소자이다.

LM238WF2 LCD 패널의 백라이트용 LED로 공급되는 DC45.3V를 공급하는 부스트 컨버터 설계의 경우 최소 리미트 전압인 DC42.3V를 만족시키지 못하는 DC41.93V로 측정이 되었다. 이러한 경우 프로그램의 갑작스런 오버 실행으로 인하여 CPU 가동 및 주변 장치의 프로세스 증가시, 화면 깜박임 혹은 부스트컨버터의 시스템 폴트 현상으로 발전될 수 있다. 실제 프로세서가 100% 근접한 가동에서 갑작스런 깜박임 현상이 목격되었다. 또한 LM238WF2 LCD 패널의 백라이트 LED로 공급되는 부스트 컨버터의 출력 전압에 대한 리플 전압은 500mVpp 이상으로 측정되어 문제가 될 소지를 내재하고 있다[6].

제조사에서 제시한 LM238WF2 Liquid Crystal

Display 데이터시트에 따르면 출력 전압의 리플이 최대 300mVpp를 넘지 않도록 설계할 것을 명시하고 있다. 부스트 컨버터의 경우 DC40V 이상의 전압으로 트랜지언트성 리플이 CPU와 같은 고속 저전압으로 동작하는 소자로 유입되었을 시, 오작동 또는 소자 파괴로 이어질 수 있음을 상기할 필요가 있다. 출력 전압부 필터회로 파트에 대한 보완이 요구된다[7].

3.3 시뮬레이션을 통한 전원회로 분석

기본적인 부스트 컨버터의 회로는 그림 3과 같다. 회로의 스위치(SW)가 켜지는 On 구간에서 인덕터(L)에 자기장의 형태로 에너지를 저장하고 스위치가 Off 되는 구간에 인덕터(L)에 저장된 전류를 부하에 전달함으로써 부하측의 출력 전압이 입력전압에 비하여 높게 상승하도록 하는 동작을 수행한다. 이때 다이오드(D)는 입력된 전원 전압(V_s) 보다 더 큰 크기를 갖는 부하측 전압(V_o)으로 인해서 부하측에서 입력 전원으로 전류가 역류하는 것을 방지한다.

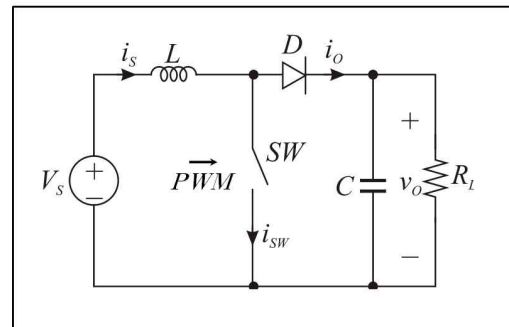


그림 3. 부스트 컨버터 회로
Fig. 3. Boost Converter Circuit

식 (1)은 일반적인 부스트 컨버터의 출력전압식을 나타내고 있다.

$$V_o = \frac{T}{t_{off}} V_s = \frac{T}{T-t_{on}} V_s = \frac{V_s}{1-D} \quad (1)$$

여기서 듀티 D 는 전체 스위칭 주기 T 에 대해서 스위치가 온 되어 있는 시간 t_{on} 의 비를 나타낸다. 따라서 듀티비 값인 D 에 의해서 출력전압이 결정된다[8][9].

회로에서 RL 은 부하이고 커패시터(C)는 부하단 출력 전압의 맥동을 줄이는 역할을 한다. 전체 전력에 비례한 C 값 설정에 오차가 있으면 출력 전압의 맥동이 커질 수 있다.

회로에서 MOSFET인 FDD390N15ALZ가 SW 역할을 하고 있으며 스위치를 On/Off 하는 시간 간격 조절은 PWM제어기인 BIT3267가 역할을 담당한다[10].

회로에 대한 이해를 위해서 전력 실험용 툴인 PSIM을 사용하여 오픈 루프 제어(Open Loop Control) 방식에 의한 시뮬레이션을 수행하였다. 그림 4는 이것에 대한 내용이다[11].

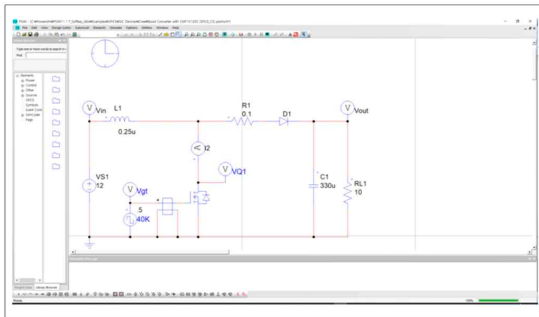


그림 4. 오픈루프 제어 방식에 의한 시뮬레이션
Fig. 4. Simulation by open-loop control method

실시 시간은 20ms, 스위칭 주파수는 40[kHz]이고 인덕터는 0.25uH이고 평활용 커패시터는 330uF이고 입력 서지 방지를 위한 $R1$ 0.1옴이 추가되었다. 출력 전압에 대한 계산은 입력 DC12V

가 주어졌을 때, $V_o = \frac{12}{1-0.7345} = 45.19V$ 가

된다. 따라서 DC/DC 부스트 컨버터단 회로의 소자 값 보완이 요구됨을 알 수 있다.

3.4 PCB동판 라인을 통과하는 전류 계산

그림 5는 IPC스탠더드의 IPC-2221를 참조하여 PCB 보드 동판에 흐르는 전류를 산출한 내용이다. 결과 유추를 위해서 주어진 조건은 동판의 두께 1oz 이고 동판의 길이는 100mm 온도는 10도를 가정하여 계산되었다.

전원선 동판 패턴으로 PCB 내부 레이어로 전력이 공급되는 방식으로 설계하면 최소 18.7mm의 전원선 굵기가 필요할 것으로 확인되며 이 조건은 주어지는 주변 온도에 따라서 확인한 차이가 있음을 알 수 있다.

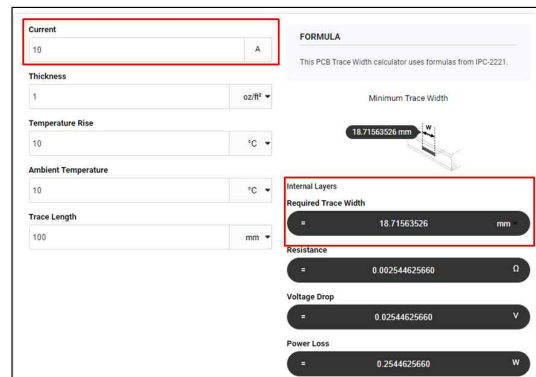


그림 5. PCB 내부 레이어 동선 통과 전류 계산
Fig. 5. Calculation of current through inner layer copper wire of PCB

따라서 전류가 큰 전원라인의 회로를 설계할 경우, 주변 온도 변화에 따른 전류 변화 폭이 감안된 PCB 동판 넓이와 두께를 계산하고 적용할 필요가 있다[12]. 실제 설계에서 제작 단가 및 작

업의 편의성을 위해서 전원용 전선을 대신하여 데이터 전용선을 병렬로 겹쳐 제작하여 사용하는 사례가 많이 있다. 적절치 않은 설계 방법으로 보완이 요구된다.

4. 결 론

시스템 회로설계에 있어서 디바이스 업체가 제공하는 데이터시트 및 매뉴얼의 내용은 매우 중요한 설계 포인트와 주의 사항을 명시하고 있다. 초보 또는 경험에만 의존하여 설계를 진행하는 엔지니어의 경우 많은 설계자가 본 논문에서 논하였던 실수에 직면한다.

소 전력 전자회로 설계에 있어서 회로 내에서 흐르는 전류에 관한 내용을 소홀히 하는 경우가 있는데 이것의 문제로 인하여 완성된 시스템이 현장에 적용되고 나서 주변의 열악한 환경 또는 100% 가까운 부하가 주어졌을 때, 치명적인 고장으로 발전될 수 있음을 상기할 필요가 있다. 또한 메인 전원뿐만 아니라 각 제어 보드에서 생성되는 DC/DC 전력변환부의 DC전원 회로도 전체 시스템의 성능에 잠재적인 영향을 주는 중요 요소임을 직시할 필요가 있다.

본 논문에 기술된 분석 내용을 토대로 판단하건대 모니터 일체형 사무용 미니컴퓨터의 전원회로 설계 실수가 전체 시스템의 주요 고장 원인이 될 수 있는 핵심적인 문제 요소라는 의견이다. 시스템 설계에 있어서 확연하게 드러나지 않는 사소한 기술적 내용이 향후 큰 문제가 되고 이슈화가 될 수 있다. 따라서 엔지니어는 시스템 설계 전 각 부품 및 구성품에 대한 명확한 내용 분석을 선행할 필요가 있다.

본 논문은 향후 모니터 일체형 미니컴퓨터 설계 전 또는 시스템 분석 및 전문 감정에 있어서

참고할 수 있는 주요 기술적 접근방법을 제시하는데 그 의미가 있다고 본다.

참 고 문 헌

- [1] 김홍균, 이규대, 김시열 “전원회로 설계 실수에 따른 사무용 미니컴퓨터 성능에 미치는 영향 분석”, 한국소프트웨어감정평가학회 춘계학술대회 논문집, pp.11-13, May, 2022.
- [2] 이규대, “유사성 비교에서 세부항목 설정 기준”, 한국소프트웨어감정평가학회 논문지 12권 1호, pp.21-26, June, 2016.
- [3] 김시열 “소프트웨어 도급계약 분쟁에서 완성도 산출 방식의 한계와 문제점”, 한국소프트웨어감정평가학회 논문지 17권 1호, pp.1-9, Jan, 2021.
- [4] Intel NUC Board/Kit NUC7i5DN Technical Product Specification
- [5] www.intel.co.kr/content/www/kr/ko/products/details/processors/core/i5/downloads.html
- [6] LM238WF2 Liquid Crystal Display Manual Ver. 1.0
- [7] N. Mohan, T. M. Undeland and W. P. Robbins, Power Electronics: Converters Applications and Design, New York: John Wiley and Sons, pp. 229-237, 1989.
- [8] W. L., “Topologies for switched mode power supplies”, in APPLICATION NOTE, pp. 18.
- [9] H. Rashid Muhammad, Power Electronics, Circuit Device and Applications: Pearson Prentice Hall, pp. 166-187, 2004.
- [10] J. G. Kassakian, M. F. Schlecht and G. C. Verghese, Principles of Power Electronics, Reading: Addison-Wesley, pp. 251-402, 1991.
- [11] www.powersimtech.com
- [12] www.digikey.kr/en/resources/conversion-calculators/conversion-calculator-pcb-trace-width

저 자 소 개



김홍균(Hong-Kyun Kim)

2006.8 충북대학교 전기공학과 박사
2000.1-2018.8 (주)다스파워 CEO
2006.9-2009.12 전남대학교 겸임교수
2013.8-2015.5 이화여자대학교 연구교수
2006.9-현재 한밭대학교 겸임교수
2019.3-현재 K-ICT창업멘토링센터 멘토
2013.11.27 미래창조과학부장관 표창
<주관심분야> Edge AI, ROS, 시스템 감정



이규대(Kyu-Tae Lee)

1991 고려대 전자공학과 박사
1992-현재 국립공주대학교 정보통신공학부
교수
<주관심분야> 신호처리, VLC, 저작권보호,
임베디드 시스템, 상황인식 및 학습



김시열(Si-Yeol, Kim)

2012.8 숭실대학교 대학원, 법학박사
2007.6-2012.6 한국저작권위원회
2015.9-2019.8 숭실대학교 법학과 겸임교수
2012.6-현재 한국지식재산연구원 부연구위원
<주관심분야> 저작권 분쟁, 실질적 유사성