

Switching Regulator IC Series

전류모드 강압컨버터의 위상보상 설계

본 Application Note 에서는 전류모드 강압컨버터에 있어, ROHM 에서 활용 중인 위상보상의 설계 방법을 설명합니다.

1. 전류모드 강압컨버터에서의 위상보상이란

ROHM 의 전류모드 강압컨버터는 2pole-1zero 시스템을 채용하고 있습니다. 이 시스템의 위상보상은 에러앰프의 출력에 저항 R_{ITH} 와 콘덴서 C_{ITH} 를 직렬로 연결하는 것으로 구성됩니다. 여기서 Rea 는 에러앰프의 출력저항, V_{ref} 는 기준전압, V_{FB} 는 피드백 기준전압을 나타냅니다 (Figure 1).

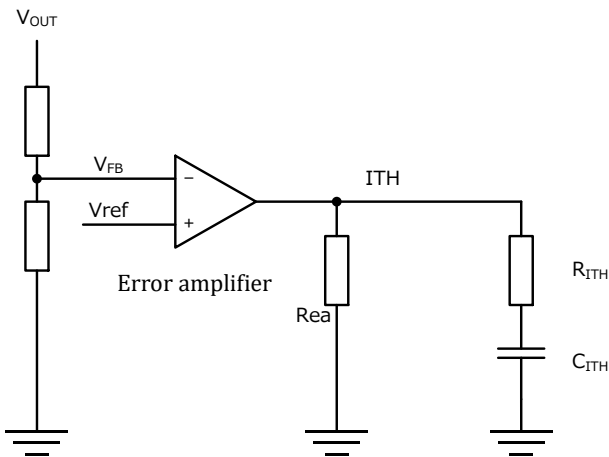


Figure 1. 위상보상 회로도

2. 위상보상용 부품의 설정

Figure 1 의 보드선도를 Figure 2 에 나타냅니다.

pole 에서 위상이 90°지연,

zero 에서 위상이 90°앞섭니다.

단, 실제 회로에서는 위상지연을 발생시키는 pole 이 이 외에도 추가로 발생하게 되어,

Phase Margin 은 90°보다 작게 됩니다.

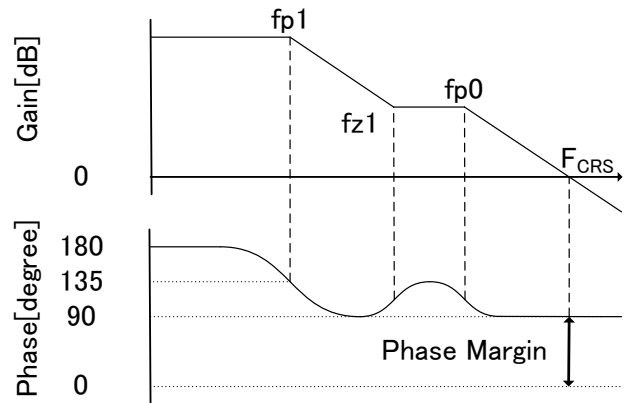


Figure 2. 보드 선도

우선, Figure 1 에 의해 생성되는, pole($fp1$)과 zero ($fz1$)의 주파수를 구합니다.

$$fp1 = \frac{1}{2\pi \cdot Rea \cdot C_{ITH}} \text{ [Hz]} \quad (1)$$

$$fz1 = \frac{1}{2\pi \cdot R_{ITH} \cdot C_{ITH}} \text{ [Hz]} \quad (2)$$

이 밖에 출력용량 C_{OUT} 과 출력부하저항 R_{OUT} 에 의해 pole($fp0$)이 존재합니다.

이 $fp0$ 는 식(3)에 의해 계산됩니다.

$$fp0 = \frac{1}{2\pi \cdot R_{OUT} \cdot C_{OUT}} \text{ [Hz]} \quad (3)$$

Rea : 에러앰프의 출력저항[Ω]

R_{ITH} : 위상보상용 저항[Ω]

C_{ITH} : 위상보상용 용량[F]

R_{OUT} : 출력부하저항[Ω]

C_{OUT} : 출력용량[F]

R_{OUT} 은 각 IC 의 최대 출력전류 I_{OUTmax} 를 사용하여 구합니다. 옴의 법칙 $R_{OUT} = V_{OUT} / I_{OUTmax}$ 로 구합니다. (V_{OUT} : 출력전압)

다음으로 R_{ITH} 는 식(4)와 같이 나타낼 수 있습니다.

$$R_{ITH} = \frac{2\pi \cdot F_{CRS} \cdot V_{OUT} \cdot C_{OUT}}{G_{MA} \cdot V_{FB} \cdot G_{MP}} \quad [\Omega] \quad (4)$$

- F_{CRS} : 크로스오버 주파수[Hz]
- V_{OUT} : 출력전압[V]
- C_{OUT} : 출력용량[F]
- G_{MA} : 에러앰프 트랜스 컨덕턴스[A/V]
- G_{MP} : 전류센싱 게인[A/V]
- V_{FB} : 피드백 기준전압[V]

또한, 위상 지연의 주 원인인 pole(f_{p0})에 zero(f_{z1})를 일치시킴으로써, 적절한 위상의 보상이 가능합니다. $f_{p0}=f_{z1}$ 에 의해, 식(5)를 구할 수 있습니다.

$$C_{ITH} = \frac{R_{OUT} \cdot C_{OUT}}{R_{ITH}} \quad (5)$$

- R_{OUT} : 출력부하저항[Ω]
- C_{OUT} : 출력용량[F]
- R_{ITH} : 위상보상을 저항[Ω]

3. 실제사례 소개

C_{OUT} 은 세라믹콘덴서가 사용되는 경우가 많습니다. 그러나, 세라믹콘덴서는 DC 바이어스 특성 및 AC 전압 특성을 고려하지 않으면 안됩니다.

DC 바이어스가 1.8V 이고 AC 전압이 30mV 라고 한다면, 22 μ F 용량이 실제 용량에서는 16.5 μ F 정도까지 낮아지는 것이 확인되었습니다.

(Figure 3, Figure 4)

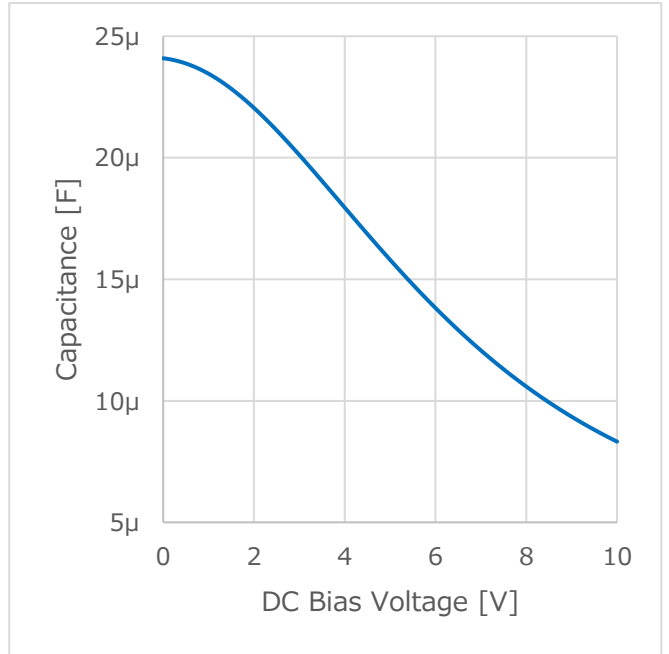


Figure 3. 세라믹콘덴서의 DC 바이어스 특성 사례

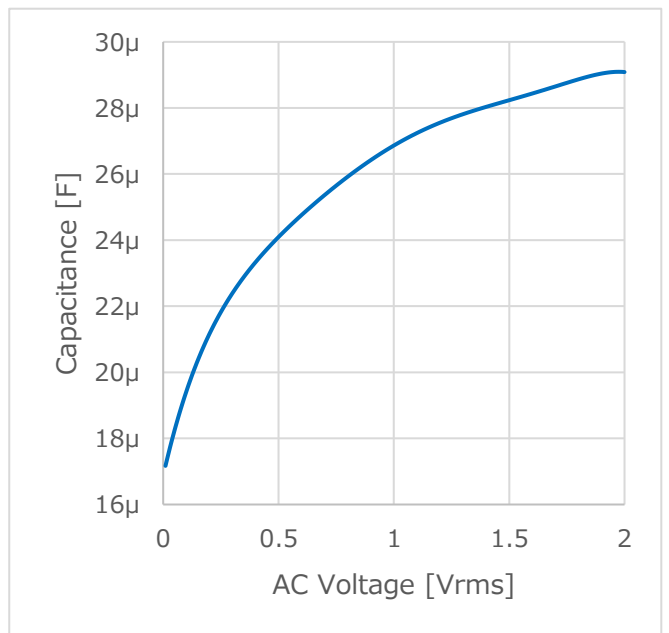


Figure 4. 세라믹콘덴서의 AC 전압 특성 사례

식(4) 및 식(5)에

$V_{OUT}=1.8V$, $R_{OUT}=600m\Omega$ ($I_{OUTmax}=3A$), $C_{OUT}=33\mu F$
 (앞장에서 얘기한 특성의 세라믹콘덴서를 2개 병렬 접속)
 $F_{CRS}=60kHz$, $G_{MP}=13A/V$, $G_{MA}=260\mu A/V$, $V_{FB}=0.8$ 를
 적용하면, 다음과 같이 계산할 수 있습니다.

$$R_{ITH} = \frac{2\pi \cdot 60kHz \cdot 1.8V \cdot 33\mu F}{260\mu A/V \cdot 0.8V \cdot 13A/V}$$

$$R_{ITH} = 8.28k\Omega \cong 8.2k\Omega$$

$$C_{ITH} = \frac{600m\Omega \cdot 33\mu F}{8.28k\Omega}$$

$$C_{ITH} = 2391pF \cong 2400pF$$

상기와 같은 설정이 확인되었습니다.

구해지는 위상 특성 예를 Figure 5에 나타냅니다.

여기서, Figure 2의 f_{p1} 는 1kHz보다도 낮으므로
 Figure 5에는 나타나지 않습니다.

또한, $f_{p0}=f_{z1}$ 과 같으므로 Figure 5에서는 Figure 2와
 같이 f_{p0} , f_{z1} 에 의한 Gain 및 Phase의 변화는 없습니다.

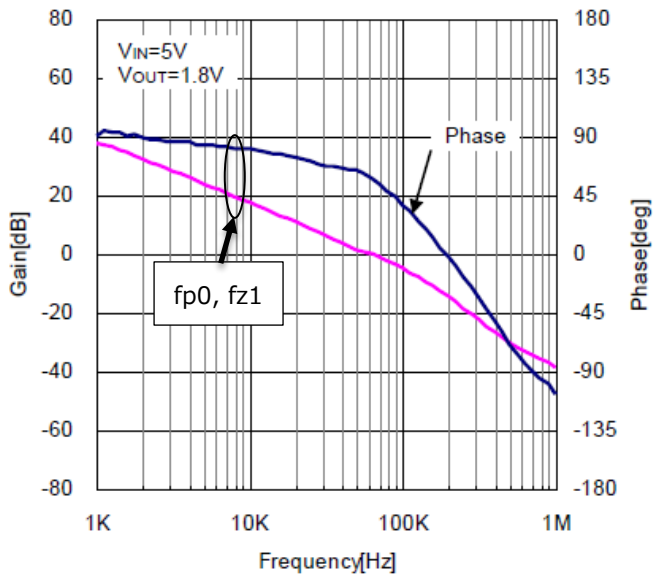


Figure 5. 위상 특성 사례

상기의 내용이 ROHM에서 실시한 위상보상 정수의 설정 방법입니다만, 각 IC의 사양서에 정수의 설정이 기재된 경우는 다양한 검증이 이루어진 결과에 의해 기재하였으므로, 그 값을 우선으로 검토해 주시길 바랍니다.

Notes

- 1) The information contained herein is subject to change without notice.
- 2) Before you use our Products, please contact our sales representative and verify the latest specifications :
- 3) Although ROHM is continuously working to improve product reliability and quality, semiconductors can break down and malfunction due to various factors.
Therefore, in order to prevent personal injury or fire arising from failure, please take safety measures such as complying with the derating characteristics, implementing redundant and fire prevention designs, and utilizing backups and fail-safe procedures. ROHM shall have no responsibility for any damages arising out of the use of our Products beyond the rating specified by ROHM.
- 4) Examples of application circuits, circuit constants and any other information contained herein are provided only to illustrate the standard usage and operations of the Products. The peripheral conditions must be taken into account when designing circuits for mass production.
- 5) The technical information specified herein is intended only to show the typical functions of and examples of application circuits for the Products. ROHM does not grant you, explicitly or implicitly, any license to use or exercise intellectual property or other rights held by ROHM or any other parties. ROHM shall have no responsibility whatsoever for any dispute arising out of the use of such technical information.
- 6) The Products specified in this document are not designed to be radiation tolerant.
- 7) For use of our Products in applications requiring a high degree of reliability (as exemplified below), please contact and consult with a ROHM representative : transportation equipment (i.e. cars, ships, trains), primary communication equipment, traffic lights, fire/crime prevention, safety equipment, medical systems, servers, solar cells, and power transmission systems.
- 8) Do not use our Products in applications requiring extremely high reliability, such as aerospace equipment, nuclear power control systems, and submarine repeaters.
- 9) ROHM shall have no responsibility for any damages or injury arising from non-compliance with the recommended usage conditions and specifications contained herein.
- 10) ROHM has used reasonable care to ensure the accuracy of the information contained in this document. However, ROHM does not warrants that such information is error-free, and ROHM shall have no responsibility for any damages arising from any inaccuracy or misprint of such information.
- 11) Please use the Products in accordance with any applicable environmental laws and regulations, such as the RoHS Directive. For more details, including RoHS compatibility, please contact a ROHM sales office. ROHM shall have no responsibility for any damages or losses resulting non-compliance with any applicable laws or regulations.
- 12) When providing our Products and technologies contained in this document to other countries, you must abide by the procedures and provisions stipulated in all applicable export laws and regulations, including without limitation the US Export Administration Regulations and the Foreign Exchange and Foreign Trade Act.
- 13) This document, in part or in whole, may not be reprinted or reproduced without prior consent of ROHM.



Thank you for your accessing to ROHM product informations.
More detail product informations and catalogs are available, please contact us.

ROHM Customer Support System

<http://www.rohm.com/contact/>