

# 부스트 컨버터의 전원 단계 기본 계산

Brigitte Hauke

Low Power DC/DC Application

## 개요

이 애플리케이션 노트는 스위치가 내장된 연속 전도 모드에서 작동하는 부스트 컨버터의 전원을 계산하는 방정식을 제공합니다. 부스트 컨버터의 기능( [Reference 1](#) 참조) 또는 컨버터를 보상하는 방법에 대한 자세한 내용을 제공하기 위한 것은 아닙니다. 자세한 내용이 필요한 경우 이 문서의 끝에 있는 자료를 참조하십시오.

설명이 없는 방정식의 경우 [section 8](#)을(를) 참조하십시오.

## 목차

1	부스트 컨버터의 기본 구성 .....	2
2	최대 스위치 전류 계산 .....	2
3	인덕터 선택 .....	4
4	정류기 다이오드 선택 .....	4
5	출력 전압 설정 .....	5
6	입력 커패시터 선택 .....	5
7	출력 커패시터 선택 .....	6
8	부스트 컨버터의 전력단을 계산하는 방정식 .....	7
9	레퍼런스 .....	9

## 그림 목록

1	부스트 컨버터 전력단 .....	2
2	출력 전압 설정을 위한 저항 분할기 .....	5

## 1 부스트 컨버터의 기본 구성

**그림 1** 은 스위치가 내장된 부스트 컨버터의 기본 구성을 보여줍니다. 종종 저전력 컨버터에는 다이오드를 대신한 두 번째 스위치를 내장한 것도 있습니다. 이 경우 이 문서의 모든 방정식은 다이오드의 전력 손실을 제외하고 적용됩니다.

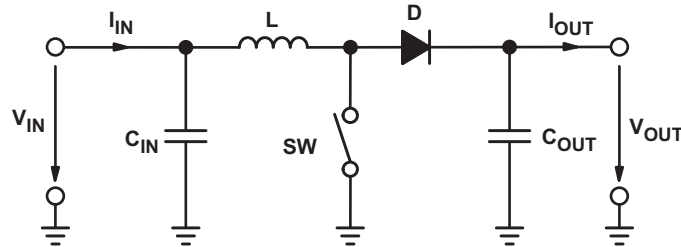


그림 1. 부스트 컨버터 전력단

### 1.1 전력단의 필요 매개 변수

다음 4가지 매개 변수는 전력단을 계산하는 데 필요합니다.

1. 입력 전압 범위:  $V_{IN(min)}$  및  $V_{IN(max)}$
2. 출력 전압:  $V_{OUT}$
3. 최대 출력 전류:  $I_{OUT(max)}$
4. 부스트 컨버터를 구성하는 데 사용된 통합 회로 매개 변수를 데이터 시트에서 참조해야 하므로 이것이 필요합니다.

이러한 매개 변수가 알려져 있는 경우 전력단의 계산을 할 수 있습니다.

## 2 최대 스위치 전류 계산

스위치 전류를 계산하는 첫 번째 단계는 최소 입력 전압을 위한 듀티 사이클,  $D$ 를 결정하는 것입니다. 입력 전압이 최소일 때 스위치 전류가 최대이므로, 최소 입력 전압을 사용합니다.

$$D = 1 - \frac{V_{IN(min)} \times \eta}{V_{OUT}} \quad (1)$$

$V_{IN(min)}$  = 최소 입력 전압

$V_{OUT}$  = 원하는 출력 전압

$\eta$  = 컨버터의 효율, 예: 약 80%

컨버터는 손실된 에너지도 전달해야 하기 때문에 효율이 듀티 사이클 계산에 추가됩니다. 이러한 계산은 효율을 고려하지 않은 방정식보다 현실적인 듀티 사이클을 제공합니다.

예상 효율, 예: 80%(부스트 컨버터의 최저 효율로 적절함.)를 사용하거나 선택한 컨버터의 데이터 시트 섹션의 일반적인 특성을 확인합니다.

( [Reference 3 and 4](#) 참조).

최대 스위치 전류를 계산하는 다음 단계는 인덕터 리플 전류를 결정하는 것입니다. 컨버터 데이터 시트에서 일반적으로  $IC$ 와 사용할 수 있는 특정 인덕터 또는 인덕터 범위가 지정됩니다. 리플 전류를 계산하기 위해, 권장 범위의 중간값인 인덕터값을 사용하거나 데이터 시트에 아무것도 제공되지 않은 경우 이 애플리케이션의 [Inductor Selection](#) 섹션에서 계산된 인덕터값을 사용합니다.

$$\Delta I_L = \frac{V_{IN(min)} \times D}{f_s \times L} \quad (2)$$

$V_{IN(min)}$  = 최소 입력 전압

$D$  = [수식 1](#)

$f_s$  = 컨버터의 최소 스위칭 주파수

$L$  = 선택한 인덕터값

이제 선택한 IC가 최대 출력 전류를 제공할 수 있는지 결정해야 합니다.

$$I_{MAXOUT} = \left( I_{LIM(min)} - \frac{\Delta I_L}{2} \right) \times (1-D) \quad (3)$$

$I_{LIM(min)}$  = 내장된 스위치의 전류 제한의 최소값(데이터 시트에 제공)

$\Delta I_L$  = 계산된 인덕터 리플 전류 [수식 2](#)

$D$  = [수식 1](#)

선택한 IC의 최대 출력 전류에 대해 계산된 값,  $I_{MAXOUT}$ 이 시스템에 필요한 최대 출력 전류보다 작은 경우 더 높은 스위치 전류 제한을 갖는 다른 IC를 사용해야 합니다.

$I_{MAXOUT}$ 의 계산값이 필요한 값보다 약간 작은 경우에만 선택된 IC를 사용할 수 있습니다. 더 높은 인덕턴스는 리플 전류를 줄이므로 선택한 IC에서 최대 출력 전류를 증가시킵니다.

계산된 값이 응용 분야의 최대 출력 전류보다 높은 경우 시스템에서의 최대 스위치 전류가 계산됩니다:

$$I_{SW(max)} = \frac{\Delta I_L}{2} + \frac{I_{OUT(max)}}{1-D} \quad (4)$$

$\Delta I_L$  = 계산된 인덕터 리플 전류 [수식 2](#)

$I_{OUT(max)}$  = 애플리케이션에 필요한 최대 출력 전류

$D$  = 계산된 듀티 사이클 [수식 1](#)

이는 인덕터, 내장 스위치 및 외부 다이오드가 견뎌야 하는 피크 전류입니다.

### 3 인덕터 선택

종종 데이터 시트는 권장하는 인덕터값의 범위를 제공합니다. 이 경우 이 범위에서 인덕터를 선택하는 것이 좋습니다. 인덕터값이 높을수록 감소된 리플 전류로 인해 최대 출력 전류가 더 높아집니다.

인덕터값이 낮을수록 인덕터의 크기는 작아집니다. 전류가 인덕터의 감소에 따라 전류가 증가하기 때문에 [수식 4](#) 인덕터는 항상 주어진 최대 전류보다 전류 등급이 더 높아야 합니다.

인덕터 범위가 제공되지 않은 부품의 경우 다음 방정식이 적절한 인덕터에 대해 좋은 예측입니다:

$$L = \frac{V_{IN} \times (V_{OUT} - V_{IN})}{\Delta I_L \times f_S \times V_{OUT}} \quad (5)$$

$V_{IN}$  = 일반 입력 전압

$V_{OUT}$  = 원하는 출력 전압

$f_S$  = 컨버터의 최소 스위칭 주파수

$\Delta I_L$  = 예상되는 인덕터 리플 전류, 아래 참조

인덕터 리플 전류는 인덕터가 알려지지 않았기 때문에 [수식 1](#) 계산할 수 없습니다. 인덕터 리플 전류의 예측은 출력 전류의 20% ~ 40%입니다.

$$\Delta I_L = (0.2 \text{ to } 0.4) \times I_{OUT(max)} \times \frac{V_{OUT}}{V_{IN}} \quad (6)$$

$\Delta I_L$  = 예상되는 인덕터 리플 전류

$I_{OUT(max)}$  = 애플리케이션에 필요한 최대 출력 전류

### 4 정류기 다이오드 선택

손실을 줄려면 Schottky 다이오드를 사용해야 합니다. 필요한 포워드 전류 등급은 최대 출력 전류와 같습니다:

$$I_F = I_{OUT(max)} \quad (7)$$

$I_F$  = 정류기 다이오드의 평균 포워드 전류

$I_{OUT(max)}$  = 애플리케이션에 필요한 최대 출력 전류

Schottky 다이오드는 평균 등급보다 훨씬 높은 전류 등급을 갖습니다. 따라서 시스템에서 높은 피크 전류는 문제가 되지 않습니다.

확인해야 하는 다른 매개 변수는 다이오드의 전력 손실입니다. 다이오드는 다음의 전력 손실을 감당할 수 있어야 합니다.

$$P_D = I_F \times V_F \quad (8)$$

$I_F$  = 정류기 다이오드의 평균 포워드 전류

$V_F$  = 정류기 다이오드의 포워드 전압

## 5 출력 전압 설정

거의 모든 컨버터는 저항 분할기 네트워크(고정된 출력 전압 컨버터인 경우 내장)를 사용하여 출력 전압을 설정합니다.

주어진 피드백 전압,  $V_{FB}$  및 피드백 바이어스 전류,  $I_{FB}$ 를 사용하여 전압 분할기를 계산할 수 있습니다.

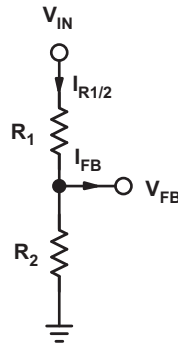


그림 2. 출력 전압 설정을 위한 저항 분할기

저항 분할기를 통한 전류는 피드백 바이어스 전류보다 최소 100배 큼니다:

$$I_{R1/2} \geq 100 \times I_{FB} \quad (9)$$

$I_{R1/2}$  = 저항 분할기에서 GND로 통과하는 전류

$I_{FB}$  = 데이터 시트의 피드백 바이어스 전류

전압 측정에 1% 미만의 부정확성을 추가합니다. 전류도 많이 높아질 수 있습니다. 더 작은 저항의 유일한 단점은 저항 분할기에서 더 높은 전력 손실이 있지만 정확도는 약간 증가합니다.

위의 가정을 사용하여 저항이 다음과 같이 계산됩니다:

$$R_2 = \frac{V_{FB}}{I_{R1/2}} \quad (10)$$

$$R_1 = R_2 \times \left( \frac{V_{OUT}}{V_{FB}} - 1 \right) \quad (11)$$

$R_1, R_2$  = 저항 분할기, 그림 2를 참조하십시오.

$V_{FB}$  = 데이터 시트의 피드백 전압

$I_{R1/2}$  = 저항 분할기에서 GND로 통과하는 전류, 다음과 같이 계산: [수식 9](#)

$V_{OUT}$  = 원하는 출력 전압

## 6 입력 커패시터 선택

입력 커패시터의 최소값은 일반적으로 데이터 시트에서 제공됩니다. 이 최소값은 스위칭 전원공급장치의 피크 전류 요구 사항 탓에 입력 전압을 안정시키는 데 필요합니다. 가장 좋은 방법은 낮은 ESR(equivalent series resistance) 세라믹 커패시터를 사용하는 것입니다. 유전체 재료는 X5R 이상이 되어야 합니다. 그렇지 않으면, 커패시터는 DC 바이어스 또는 온도 탓에 커패시턴스 상당 부분을 손실할 수 있습니다([references 7 and 8](#) 참조).

입력 전압에 노이즈가 있는 경우 값을 증가해야 할 수 있습니다.

## 7 출력 커패시터 선택

가장 좋은 방법은 낮은 ESR 커패시터를 사용하여 출력 전압에서 리플을 최소화하는 것입니다. 세라믹 커패시터는 유전체 재료가 X5R보다 나은 경우 좋은 선택입니다( [reference 7 and 8](#)참조).

컨버터에 외부 보상이 있는 경우 데이터 시트에서 권장하는 최소값 이상의 커패시터값을 사용할 수 있지만 사용된 출력 커패시터를 위해 보상을 조정해야 합니다.

내부 보상 컨버터의 경우 권장하는 인덕터 및 커패시터값을 사용하거나 응용 분야에 대해  $L \times C$ 의 비율에 대해 출력 커패시터를 조정하기 위한 데이터 시트의 권장 사항을 따라야 합니다.

외부 보상을 사용하여 원하는 출력 전압 리플을 위해 다음 방정식을 사용하여 출력 커패시터값을 조정할 수 있습니다.

$$C_{OUT(min)} = \frac{I_{OUT(max)} \times D}{f_s \times \Delta V_{OUT}} \quad (12)$$

$C_{OUT(min)}$  = 최소 출력 커패시턴스

$I_{OUT(max)}$  = 애플리케이션의 최대 출력 전류

$D$  = [수식 1](#) 로 계산된 듀티 사이클

$f_s$  = 컨버터의 최소 스위칭 주파수

$\Delta V_{OUT}$  = 원하는 출력 전압 리플

출력 커패시터의 ESR은 다음 방정식에서 추가 리플을 추가합니다:

$$\Delta V_{OUT(ESR)} = ESR \times \left( \frac{I_{OUT(max)}}{1-D} + \frac{\Delta I_L}{2} \right) \quad (13)$$

$\Delta V_{OUT(ESR)}$  = 커패시터 ESR로 인한 추가 출력 전압 리플

ESR = 사용된 출력 커패시터의 동일한 시리즈 저항

$I_{OUT(max)}$  = 애플리케이션의 최대 출력 전류

$D$  = [수식 1](#) 로 계산된 듀티 사이클

$\Delta I_L$  = [수식 2](#) 또는 [수식 6](#) 으로부터 계산된 인덕터 리플 전류

## 8 부스트 컨버터의 전력단을 계산하는 방정식

$$\text{Maximum Duty Cycle: } D = 1 - \frac{V_{IN(min)} \times \eta}{V_{OUT}} \quad (14)$$

$V_{IN(min)}$  = 최소 입력 전압

$V_{OUT}$  = 원하는 출력 전압

$\eta$  = 컨버터의 효율, 즉, 예상 85%

$$\text{Inductor Ripple Current: } \Delta I_L = \frac{V_{IN(min)} \times D}{f_s \times L} \quad (15)$$

$V_{IN(min)}$  = 최소 입력 전압

$D$  = [수식 14](#)

$f_s$ 에서 계산된 듀티 사이클  $f_s$  = 컨버터의 최소 스위칭 주파수

$L$  = 선택한 인덕터값

$$\text{Maximum output current of the selected IC: } I_{MAXOUT} = \left( I_{LIM(min)} - \frac{\Delta I_L}{2} \right) \times (1-D) \quad (16)$$

$I_{LIM(min)}$  = 통합된 스위치 전류 제한의 최소값(데이터 시트에 제공)

$\Delta I_L$  = 계산된 인덕터 리플 전류 [수식 15](#)

$D$  = [수식 14](#)

$$\text{Application specific maximum switch current: } I_{SW(max)} = \frac{\Delta I_L}{2} + \frac{I_{OUT(max)}}{1-D} \quad (17)$$

$\Delta I_L$  = 계산된 인덕터 리플 전류 [수식 15](#)

$I_{OUT(max)}$  = 애플리케이션에 필요한 최대 출력 전류

$D$  = [수식 14](#)

$$\text{Inductor Calculation: } L = \frac{V_{IN} \times (V_{OUT} - V_{IN})}{\Delta I_L \times f_s \times V_{OUT}} \quad (18)$$

$V_{IN}$  = 일반 입력 전압

$V_{OUT}$  = 원하는 출력 전압

$f_s$  = 컨버터의 최소 스위칭 주파수

$\Delta I_L$  = 예상되는 인덕터 리플 전류, [수식 19](#)

$$\text{Inductor Ripple Current Estimation: } \Delta I_L = (0.2 \text{ to } 0.4) \times I_{OUT(max)} \times \frac{V_{OUT}}{V_{IN}} \quad (19)$$

$\Delta I_L$  = 예상되는 인덕터 리플 전류

$I_{OUT(max)}$  = 애플리케이션에 필요한 최대 출력 전류

$$\text{Average Forward Current of Rectifier Diode: } I_F = I_{OUT(max)} \quad (20)$$

$I_{OUT(max)}$  = 애플리케이션에 필요한 최대 출력 전류

$$\text{Power Dissipation in Rectifier Diode: } P_D = I_F \times V_F \quad (21)$$

$I_F$  = 정류기 다이오드의 평균 포워드 전류

$V_F$  = 정류기 다이오드의 포워드 전압

$$\text{Current Through Resistive Divider Network for Output Voltage Setting: } I_{R1/2} \geq 100 \times I_{FB} \quad (22)$$

$I_{FB}$  = 데이터 시트의 피드백 바이어스 전류

$$\text{Value of Resistor Between FB Pin and GND: } R_2 = \frac{V_{FB}}{I_{R1/2}} \quad (23)$$

$$\text{Value of Resistor Between FB Pin and } V_{\text{OUT}}: R_1 = R_2 \times \left( \frac{V_{\text{OUT}}}{V_{\text{FB}}} - 1 \right) \quad (24)$$

$V_{\text{FB}}$  = 데이터 시트의 피드백 전압

$I_{R1/2}$  = 저항 분할기에서 GND로 통과하는 전류, 다음과 같이 계산: [수식 22](#)

$V_{\text{OUT}}$  = 원하는 출력 전압

$$\text{Minimum Output Capacitance, if not given in the data sheet: } C_{\text{OUT(min)}} = \frac{I_{\text{OUT(max)}} \times D}{f_s \times \Delta V_{\text{OUT}}} \quad (25)$$

$I_{\text{OUT(max)}}$  = 애플리케이션의 최대 출력 전류

$D$  = [수식 14](#)

$f_s$  = 컨버터의 최소 스위칭 주파수

$\Delta V_{\text{OUT}}$  = 원하는 출력 전압 리플

$$\text{Additional Output Voltage Ripple due to ESR: } \Delta V_{\text{OUT(ESR)}} = \text{ESR} \times \left( \frac{I_{\text{OUT(max)}}}{1-D} + \frac{\Delta I_L}{2} \right) \quad (26)$$

ESR = 사용된 출력 커패시터의 동일한 시리즈 저항

$I_{\text{OUT(max)}}$  = 애플리케이션의 최대 출력 전류

$D$  = [수식 14](#)

$\Delta I_L$  = 인덕터 리플 전류 [수식 15](#) 또는 [수식 19](#)



## 9 레퍼런스

1. *Switchmode* 전원공급장치의 부스트 전력단 이해 ([SLVA061](#))
2. *TPS61030*을 사용하여 전압 모드 부스트 컨버터 소형 신호 제어 루프 분석 ([SLVA274](#))
3. 데이터 시트: *TPS65148* ([SLVS904](#))
4. 데이터 시트: *TPS65130* 및 *TPS65131* ([SLVS493](#))
5. Robert W. Erickson: *Fundamentals of Power Electronics*, Kluwer Academic Publishers, 1997
6. Mohan/Underland/Robbins: *Power Electronics*, John Wiley & Sons Inc., Second Edition, 1995
7. *Improve Your Designs with Large Capacitance Value Multi-Layer Ceramic Chip (MLCC) Capacitors* by George M. Harayda, Akira Omi, and Axel Yamamoto, Panasonic
8. *Comparison of Multilayer Ceramic and Tantalum Capacitors* by Jeffrey Cain, Ph.D., AVX Corporation

## IMPORTANT NOTICE

Texas Instruments Incorporated and its subsidiaries (TI) reserve the right to make corrections, modifications, enhancements, improvements, and other changes to its products and services at any time and to discontinue any product or service without notice. Customers should obtain the latest relevant information before placing orders and should verify that such information is current and complete. All products are sold subject to TI's terms and conditions of sale supplied at the time of order acknowledgment.

TI warrants performance of its hardware products to the specifications applicable at the time of sale in accordance with TI's standard warranty. Testing and other quality control techniques are used to the extent TI deems necessary to support this warranty. Except where mandated by government requirements, testing of all parameters of each product is not necessarily performed.

TI assumes no liability for applications assistance or customer product design. Customers are responsible for their products and applications using TI components. To minimize the risks associated with customer products and applications, customers should provide adequate design and operating safeguards.

TI does not warrant or represent that any license, either express or implied, is granted under any TI patent right, copyright, mask work right, or other TI intellectual property right relating to any combination, machine, or process in which TI products or services are used. Information published by TI regarding third-party products or services does not constitute a license from TI to use such products or services or a warranty or endorsement thereof. Use of such information may require a license from a third party under the patents or other intellectual property of the third party, or a license from TI under the patents or other intellectual property of TI.

Reproduction of TI information in TI data books or data sheets is permissible only if reproduction is without alteration and is accompanied by all associated warranties, conditions, limitations, and notices. Reproduction of this information with alteration is an unfair and deceptive business practice. TI is not responsible or liable for such altered documentation. Information of third parties may be subject to additional restrictions.

Resale of TI products or services with statements different from or beyond the parameters stated by TI for that product or service voids all express and any implied warranties for the associated TI product or service and is an unfair and deceptive business practice. TI is not responsible or liable for any such statements.

TI products are not authorized for use in safety-critical applications (such as life support) where a failure of the TI product would reasonably be expected to cause severe personal injury or death, unless officers of the parties have executed an agreement specifically governing such use. Buyers represent that they have all necessary expertise in the safety and regulatory ramifications of their applications, and acknowledge and agree that they are solely responsible for all legal, regulatory and safety-related requirements concerning their products and any use of TI products in such safety-critical applications, notwithstanding any applications-related information or support that may be provided by TI. Further, Buyers must fully indemnify TI and its representatives against any damages arising out of the use of TI products in such safety-critical applications.

TI products are neither designed nor intended for use in military/aerospace applications or environments unless the TI products are specifically designated by TI as military-grade or "enhanced plastic." Only products designated by TI as military-grade meet military specifications. Buyers acknowledge and agree that any such use of TI products which TI has not designated as military-grade is solely at the Buyer's risk, and that they are solely responsible for compliance with all legal and regulatory requirements in connection with such use.

TI products are neither designed nor intended for use in automotive applications or environments unless the specific TI products are designated by TI as compliant with ISO/TS 16949 requirements. Buyers acknowledge and agree that, if they use any non-designated products in automotive applications, TI will not be responsible for any failure to meet such requirements.

Following are URLs where you can obtain information on other Texas Instruments products and application solutions:

### Products

Audio	<a href="http://www.ti.com/audio">www.ti.com/audio</a>
Amplifiers	<a href="http://amplifier.ti.com">amplifier.ti.com</a>
Data Converters	<a href="http://dataconverter.ti.com">dataconverter.ti.com</a>
DLP® Products	<a href="http://www.dlp.com">www.dlp.com</a>
DSP	<a href="http://dsp.ti.com">dsp.ti.com</a>
Clocks and Timers	<a href="http://www.ti.com/clocks">www.ti.com/clocks</a>
Interface	<a href="http://interface.ti.com">interface.ti.com</a>
Logic	<a href="http://logic.ti.com">logic.ti.com</a>
Power Mgmt	<a href="http://power.ti.com">power.ti.com</a>
Microcontrollers	<a href="http://microcontroller.ti.com">microcontroller.ti.com</a>
RFID	<a href="http://www.ti-rfid.com">www.ti-rfid.com</a>
OMAP Mobile Processors	<a href="http://www.ti.com/omap">www.ti.com/omap</a>
Wireless Connectivity	<a href="http://www.ti.com/wirelessconnectivity">www.ti.com/wirelessconnectivity</a>

### Applications

Communications and Telecom	<a href="http://www.ti.com/communications">www.ti.com/communications</a>
Computers and Peripherals	<a href="http://www.ti.com/computers">www.ti.com/computers</a>
Consumer Electronics	<a href="http://www.ti.com/consumer-apps">www.ti.com/consumer-apps</a>
Energy and Lighting	<a href="http://www.ti.com/energy">www.ti.com/energy</a>
Industrial	<a href="http://www.ti.com/industrial">www.ti.com/industrial</a>
Medical	<a href="http://www.ti.com/medical">www.ti.com/medical</a>
Security	<a href="http://www.ti.com/security">www.ti.com/security</a>
Space, Avionics and Defense	<a href="http://www.ti.com/space-avionics-defense">www.ti.com/space-avionics-defense</a>
Transportation and Automotive	<a href="http://www.ti.com/automotive">www.ti.com/automotive</a>
Video and Imaging	<a href="http://www.ti.com/video">www.ti.com/video</a>

TI E2E Community Home Page

[e2e.ti.com](http://e2e.ti.com)

Mailing Address: Texas Instruments, Post Office Box 655303, Dallas, Texas 75265  
Copyright © 2011, Texas Instruments Incorporated