마이크로컨트롤러 기능

제 14장 Boost 컨버터 제어하기

Boost 컨버터 제어하기

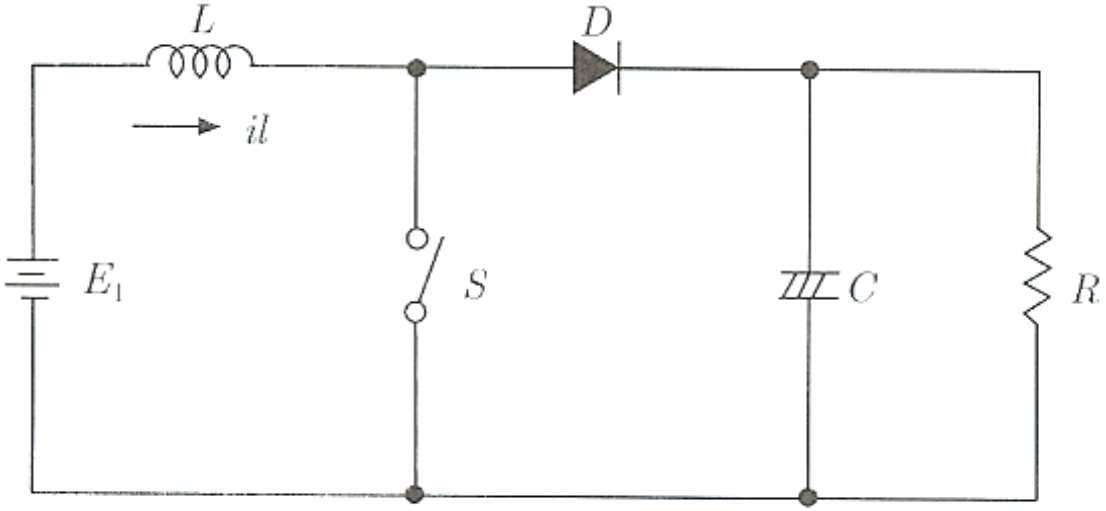
1. Boost 컨버터
2. Boost 컨버터 출력 특성 실습

Boost 컨버터

- **Boost 컨버터**
  - Boost 컨버터는 비절연방식인 승압형 컨버터(Boost type converter)로 직류 초퍼를 사용하여 입력 전압보다 출력 전압이 높은 컨버터이다.
  - 입력전압보다 높은 출력전압을 얻는 승압 원리
    - 전자에너지를 이용하는 방법
    - 정전에너지를 이용하는 방법

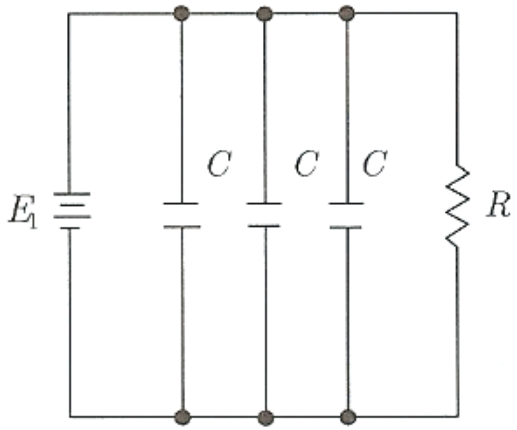
Boost 컨버터

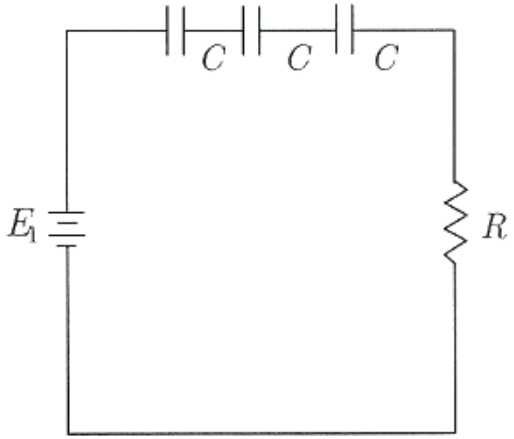
- 승압 원리
  - 전자에너지를 이용하는 방법
    - 일반적인 승압방법으로 인덕턴스에 축적된 전자에너지를 이용하는 방법이다.
    - 전자에너지를 이용하는 회로
      - 스위칭 소자 S에 의한 정지스위치를 표시한 것이고, 부하 R에 병렬로 접속한 콘덴서 C는 부하전압의 리플을 제거하기 위한 평활 콘덴서이다.
      - 회로에서 스위치소자 S를 닫으면 인덕턴스 L에 에너지가 저장되고, 스위치 S를 열면 저장된 에너지는 콘덴서 C와 부하로 공급하는 방식이다.



Boost 컨버터

- 승압 원리
  - 정전에너지를 이용하는 방법
    - 콘덴서의 정전에너지를 이용하는 방법은 n개의 콘덴서 C를 직류 전원전압 E에 부하와 병렬로 접속하여 콘덴서 C에 에너지를 저장한 후 직류 전원전압 E와 직렬로 바꾸어 부하에 콘덴서에 축전된 정전에너지를 공급하는 방식이다.



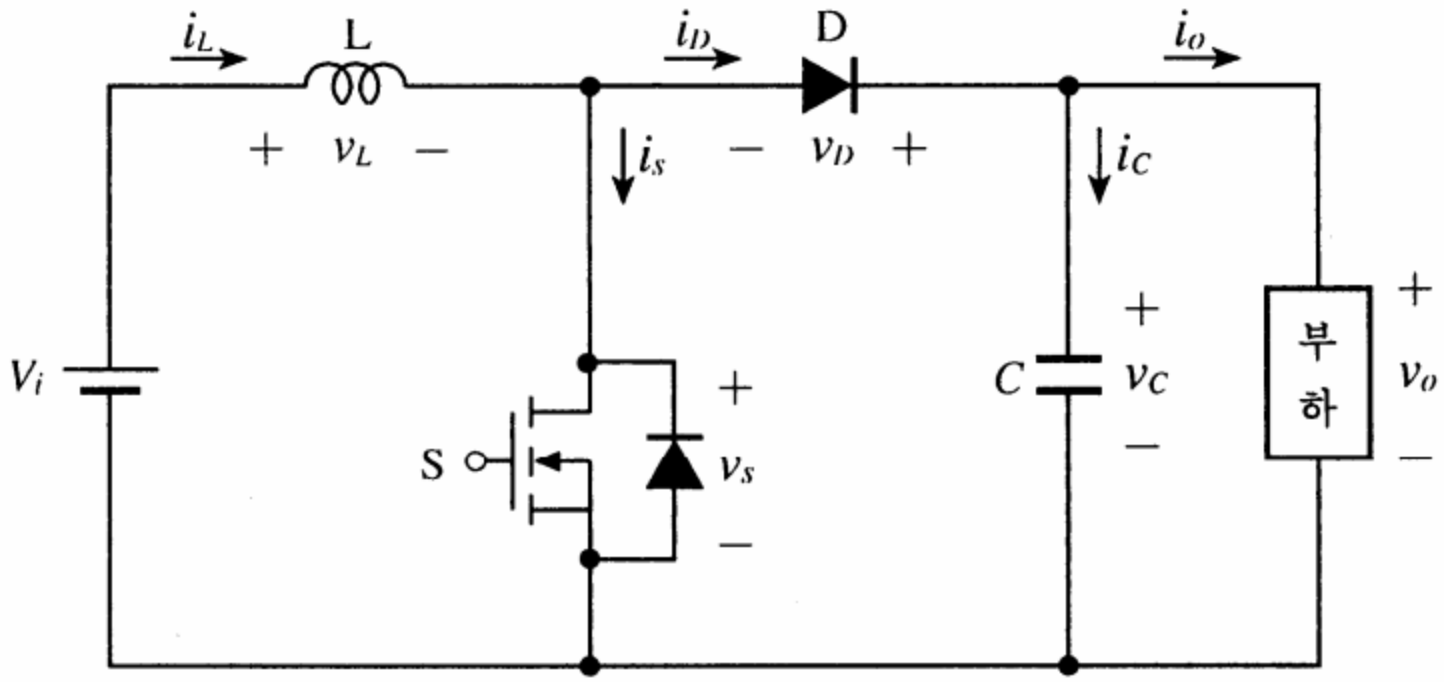


Boost 컨버터

- Boost 컨버터의 동작원리
  - Boost 컨버터도 Buck 컨버터와 유사한 원리로 스위치의 On/Off에 의해 출력전압을 제어한다.
  - 컨버터는 코일의 역기전력과 연관이 있다.
  - 역기전력
    - 전류가 흐르다가 갑자기 전류가 차단되면 직류전류가 흐르는 방향과 반대로 전류가 흐르는 현상
    - 이때 흐르는 직류가 순간적으로 교류의 성질을 나타내게 되며 전압이 올라가게 되는데, 전압이 올라갈 때 계속 바깥 쪽으로 내보내 주게 되면 입력전력 대비 출력이 높은 전력이 발생하게 되는 승압회로가 된다.
  - 회로에 스위칭 조작으로 계속 전류를 흘렸다 끊었다를 반복하면 역기전력이 계속 발생하게 될 것이다. 이 원리를 이용한 회로가 바로 Boost컨버터 회로이다.
  - Boost 컨버터에서 인덕터 L과 커패시터 C가 이상적으로 매우 크면 정상상태에서 인덕터 L에는 일정한 전류가 흐르고 커패시터 C 양단에는 일정한 전압이 걸리게 된다. 실제의 경우 인덕터와 커패시터는 이상적이지 않으므로 인덕터 전류 i_L이나 커패시터 전압 V_c에 리플성분이 포함된다.

Boost 컨버터

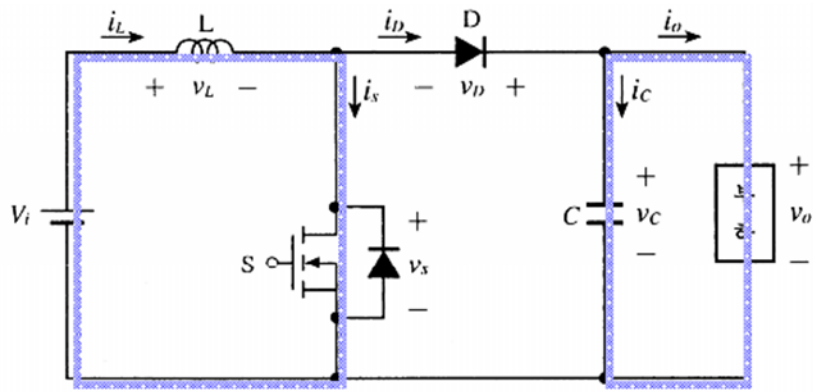
- Boost 컨버터 회로도



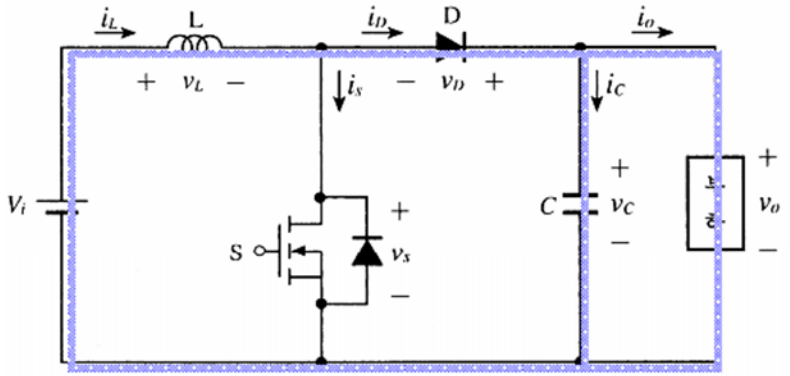
ICAT
Integrated Circuits for Advanced Technology Lab.

Boost 컨버터

- 인덕터 전류 i_L 의 변화
  - 전류 상승 구간 : 0 ≤ t ≤ DT
    - MOSFET 스위치 S의 스위칭 주기 T가 일정하면, 컨버터의 스위칭 주파수는 $f_s(1/T)$가 된다.
    - 이때 스위칭 주기 T에 대해 스위치 S가 통류율 D로 동작하면, 스위치 S가 On 되는 구간은 DT이며 스위치 S가 Off 되는 구간은 나머지 $(1-D)T$이다.



스위치 소자 S가 On일 때

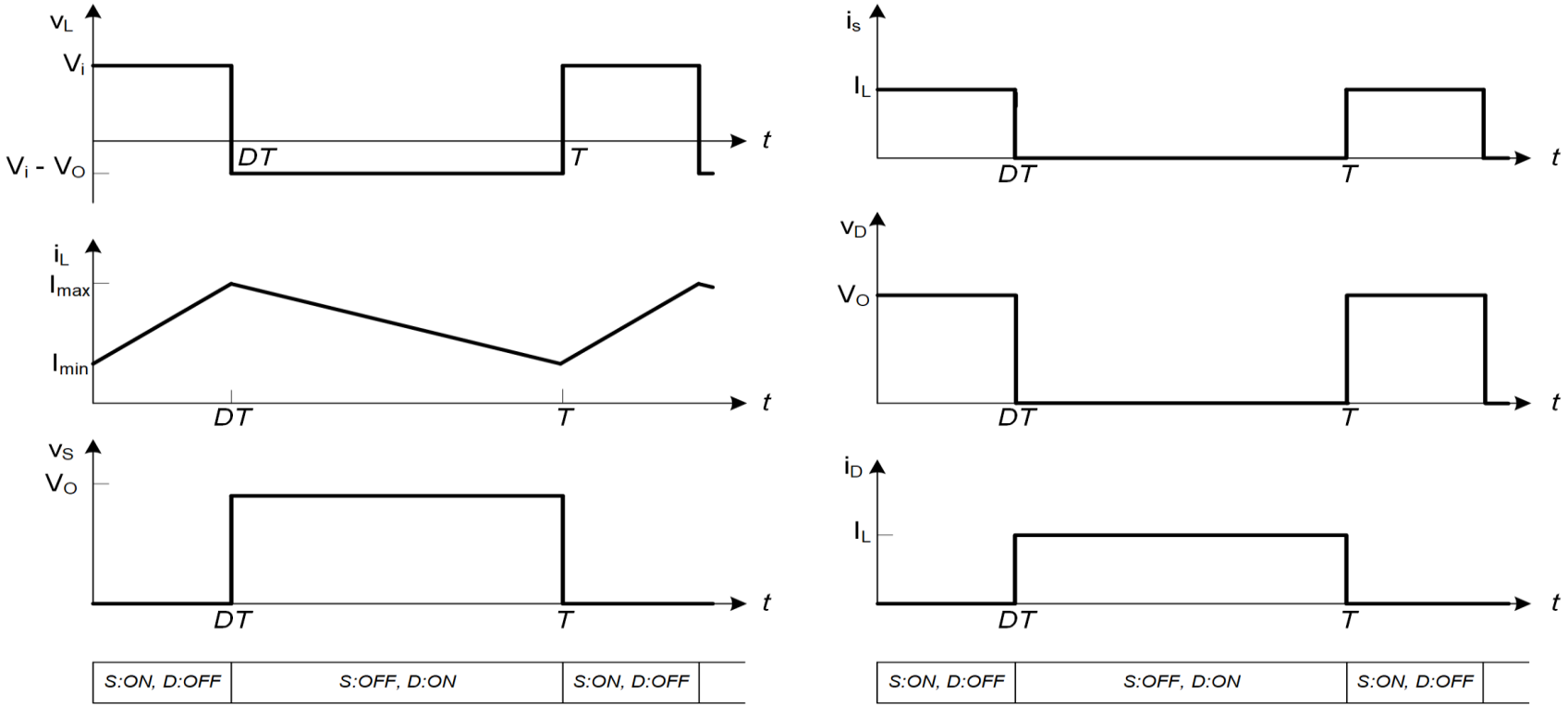


스위치 소자 S가 Off일 때

ICAT
Integrated Circuits for Advanced Technology Lab.

Boost 컨버터

- 인덕터 전류 i_L 의 변화
  - 전류 상승 구간 : $0 \leq t \leq DT$
    - Boost 컨버터 회로 각부의 전류 및 전압파형



Boost 컨버터

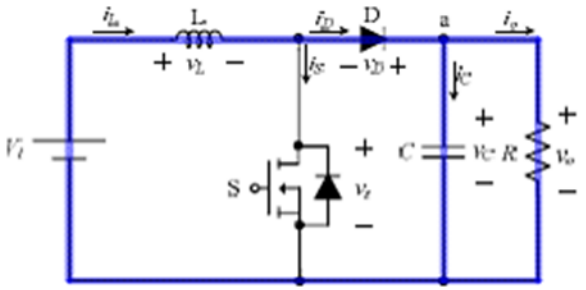
- 인덕터 전류 i_L 의 변화
  - 전류 상승 구간 : $0 \leq t \leq DT$
    - Boost 컨버터의 스위칭 주기 T에 대하여 전력용 MOSFET 스위치 S가 On되는 DT동안 전류 상승 구간으로 앞의 그림과 같이 회로가 구성되며 인덕터 전류 i_L과 인덕터 전압 v_L과의 관계는 $v_L = \mathrm{L}\frac{di_L}{dt}$ 과 같다.
    - 인덕터 전압 v_L과 입력전압 v_i의 관계는 $v_L = v_i$ 와 같다.
    - 인덕터 L에 흐르는 인덕터 전류 i_L의 기울기는 $\frac{di_L}{dt} = \frac{v_i}{L}$ 와 같다.

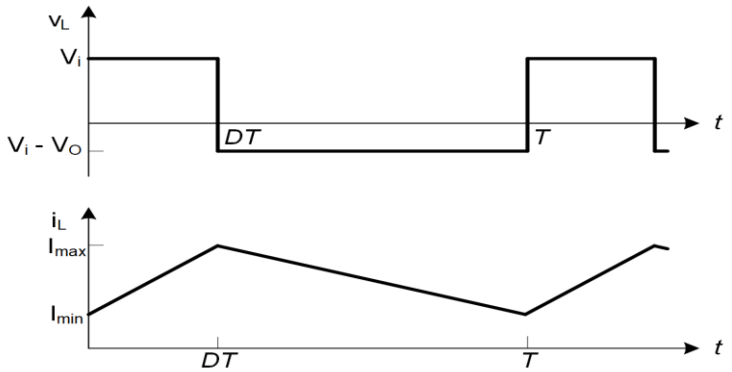
Boost 컨버터

- 인덕터 전류 i_L 의 변화
  - 전류 상승 구간 : $0 \leq t \leq DT$
    - 그런데 정상상태에서 MOSFET 스위치 S가 On 되는 DT구간 동안 인덕터 전류 i_L은 증가한다. 따라서 인덕터 전류는 스위치 S가 On 되는 t=0에서 최소값 I_{min}이 되며, 스위치 S가 Off 되기 직전인 $t = DT$에서 최대값 I_{max}으로 증가한다. 따라서 인덕터 전류 i_L은 $i_L(t) = \frac{1}{L}\int_0^t v_i dt + I_{min}$ 과 같다.
    - 인덕터의 최대전류 I_{max}는 $i_L(DT) = I_{max} = \frac{1}{L}\int_0^{DT} v_i dt + I_{min}$ 과 같다.
    - MOSFET 스위치 S가 On 되는 DT 구간 동안 인덕터 전류 i_L은 $I_{max} - I_{min} = \frac{v_i}{L} \times DT$ 와 같이 상승한다.

Boost 컨버터

- 인덕터 전류 i_L 의 변화
  - 전류 하강 구간 : DT ≤ t ≤ T
    - Boost 컨버터의 스위칭 주기 T에 대하여 전력용 MOSFET 스위치 S가 OFF되는 $(1-\mathrm{D})\mathrm{T}$ 는 전류 하강구간으로 아래 그림과 같은 회로가 구성되며 인덕터 전류 i_L과 인덕터 전압 v_L과의 관계는 $v_L = \mathrm{L}\frac{di_L}{dt}$ 과 같다.
    - 인덕터 전압 v_L은 $v_L = v_i - v_o$ 같다.
    - 인덕터 L에 흐르는 인덕터 전류 i_L의 기울기는 $\frac{di_L}{dt} = \frac{v_i - v_o}{L}$ 과 같다.





ICAT
Integrated Circuits for Advanced Technology Lab.

Boost 컨버터

- 인덕터 전류 i_L 의 변화
  - 전류 하강 구간 : DT ≤ t ≤ T
    - 정상상태에서 MOSFET 스위치 S가 Off되는 (1 − D)T 구간 동안 인덕터 전류 i_L 은 감소한다.
    - 따라서 인덕터 전류는 MOSFET 스위치 S가 Off 되어 다이오드 D가 On 되는 t=DT에서 최대값 I_{max}가 되며, MOSFET 스위치 S가 On 되기 직전인 t=T에서 최소값 I_{min}으로 감소한다.
    - 인덕터 전류 i_L 은 $i_L(t) = \frac{1}{L}\int_{DT}^{t}(v_i - v_O)dt + I_{max}$ 와 같다.
    - 인덕터의 최소전류 I_{min}은 $i_L(T) = I_{min} = \frac{1}{L}\int_{DT}^{T}(v_i - v_O)dt + I_{max}$ 와 같다.
    - MOSFET 스위치 S가 Off 되는 (1 − D)T 구간 동안 인덕터 전류 i_L 은

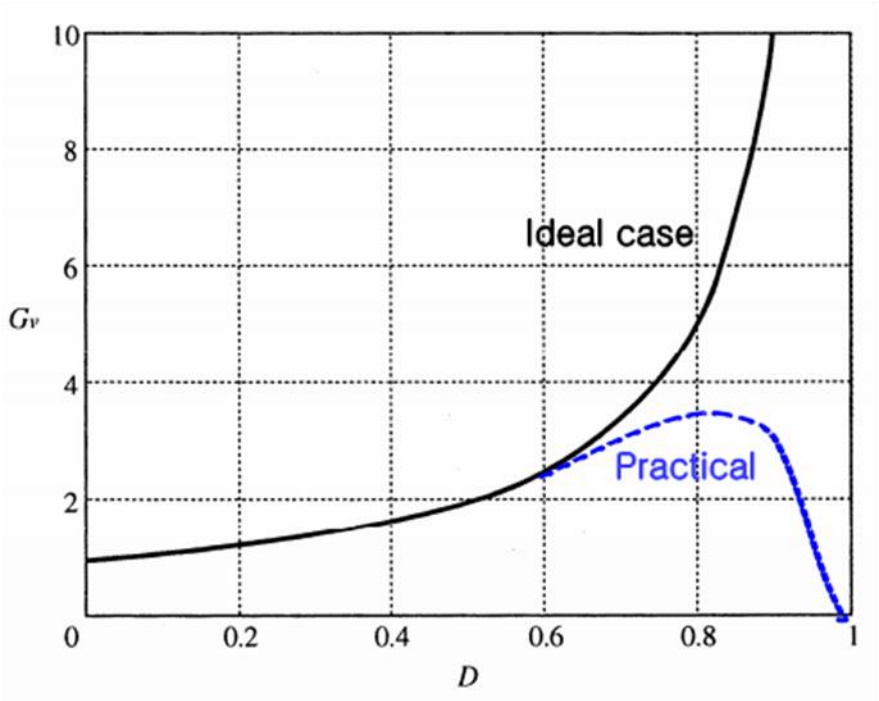
      $\boldsymbol{I_{min} - I_{max} = \frac{v_i - v_o}{L} \times (1 - D)T}$ 와 같이 하강한다.

Boost 컨버터

- 인덕터 전류 i_L 의 변화
  - 출력 전압
    - 정상상태에서 출력전압 v_o은 Buck 컨버터와 같은 방법으로 구할 수 있다. 인덕터 전류 i_L 은 스위치 S가 On 되는 순간 DT 구간 동안 상승하고, 스위치 S가 Off 되는 순간 (1 − D)T 구간 동안 하강한다.
    - 정상상태에서 인덕터 전류 i_L의 상승폭과 하강폭은 동일하므로 출력전압 v_o에 대한 $\frac{v_i}{L} \times DT + \frac{v_i - v_o}{L} \times (1-D)T = 0$ 식을 얻을 수 있다.
    - 출력전압 v_o은 $\boldsymbol{v_o = \frac{v_i}{1-D}}$ 와 같다.

Boost 컨버터

- 인덕터 전류 i_L 의 변화
  - 전압 전달비 G_v
    - $G_v = \frac{V_o}{V_i} = \frac{1}{1-D}$



실습 21 : Boost 컨버터 특성 실습

❑실습 개요

- ❖ 실험을 통해서 실제로 통류율의 변화에 따라 출력 전압이 어떻게 변화 하는지를 확인해 보도록 한다.
- ❖ ATMega128A의 PWM 기능을 이용하여 Boost 컨버터를 제어하도록 한다.
- ❖ PWM의 주파수와 통류율을 변화 시켜 Boost 컨버터의 출력특성을 알아보도록 한다.

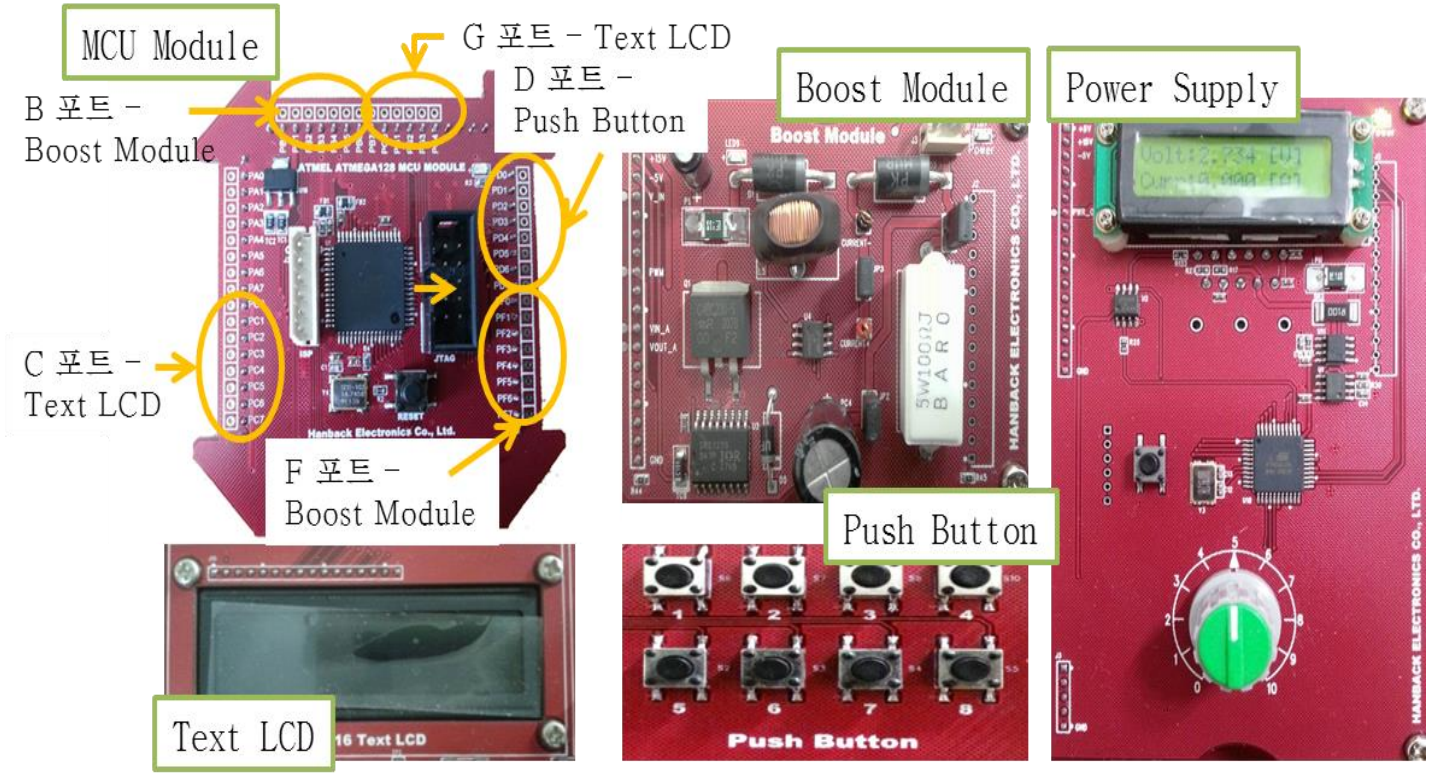
❑실습 목표

- ❖ Boost 컨버터의 동작원리를 이해
- ❖ ATmega128A를 이용한 Boost 컨버터 사용 방법 습득

실습 21 : Boost 컨버터 특성 실습

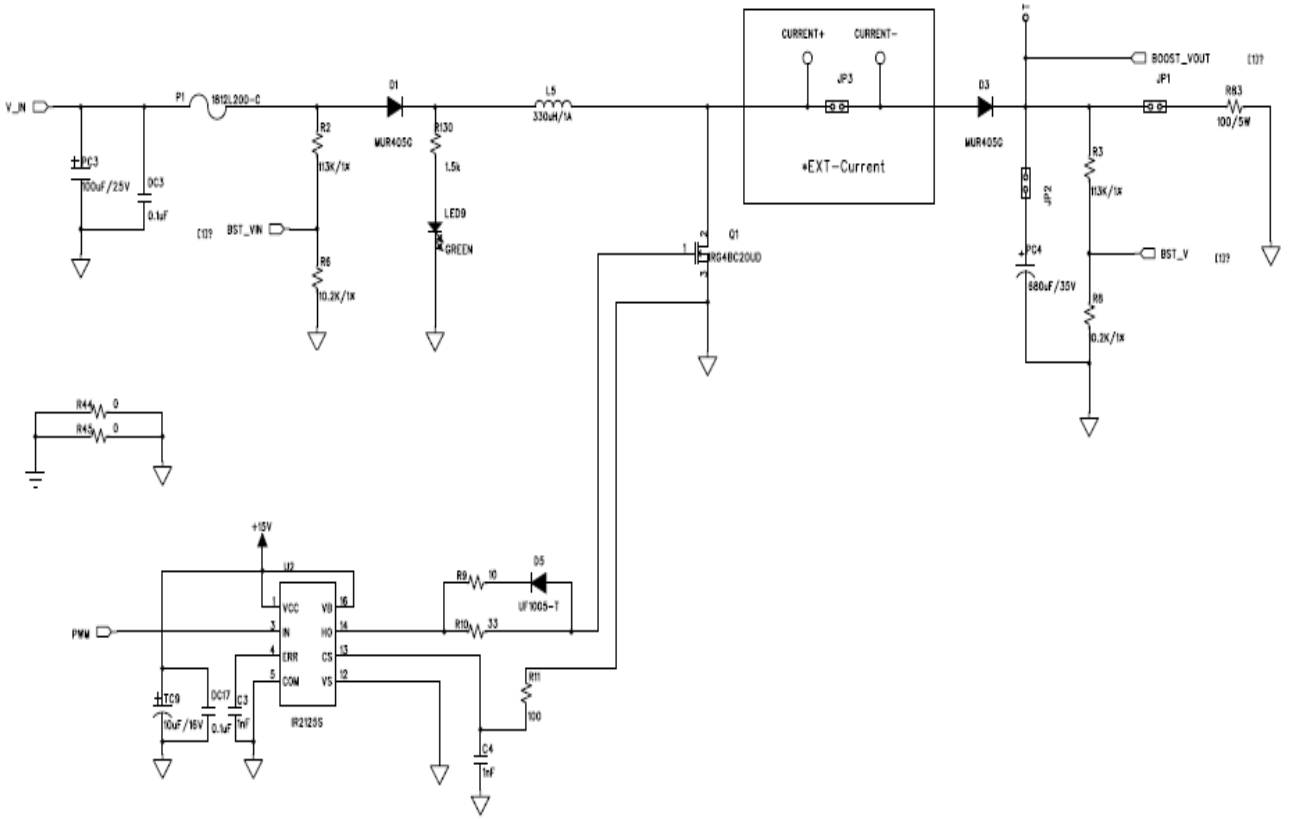
❑사용 모듈

- ❖ MCU 모듈, TEXT LCD 모듈, Boost 모듈, Push Button, Power Supply



실습 21 : Boost 컨버터 특성 실습

❑사용 모듈 : Boost 컨버터 모듈의 회로

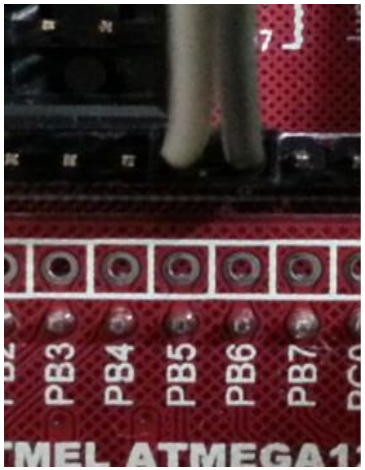


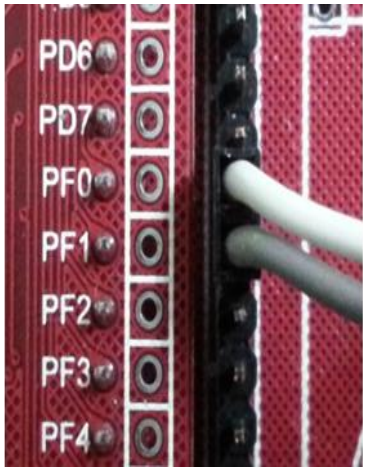
ICAT
Integrated Circuits for Advanced Technology Lab.

실습 21 : Boost 컨버터 특성 실습

❑모듈 결선 방법

- ❖ MCU 모듈 포트 B의 PB5는 Boost 컨버터 모듈의 PWM 에 연결
- ❖ MCU 모듈 포트 F의 PF0, PF1은 Boost 컨버터 모듈의 VIN_A, VOUT_A에 연결

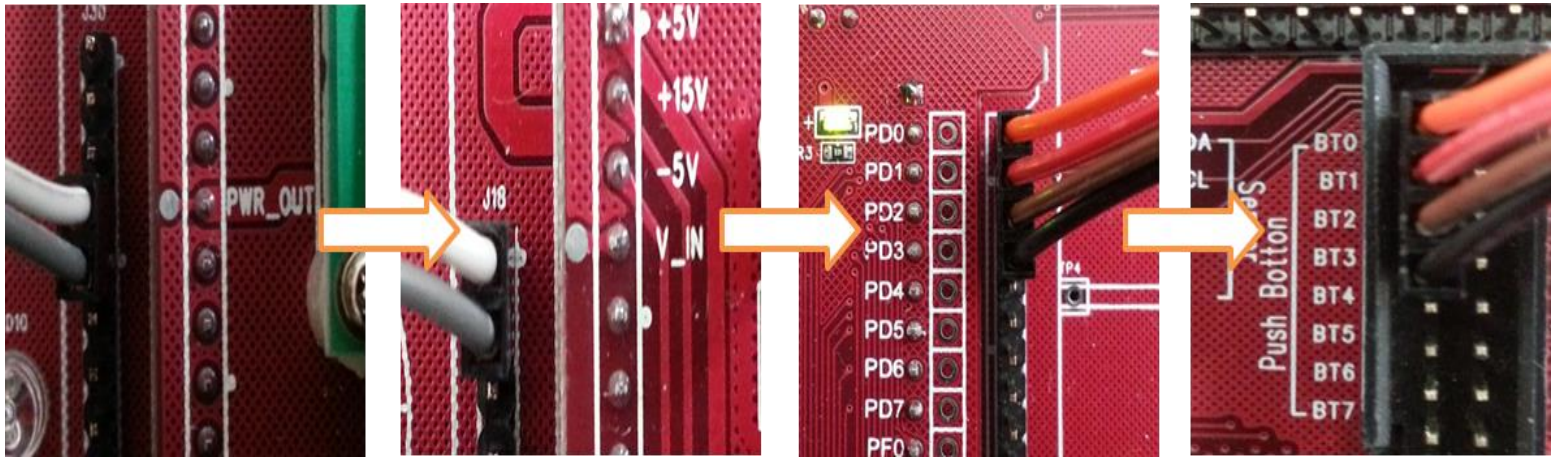




실습 21 : Boost 컨버터 특성 실습

❑모듈 결선 방법

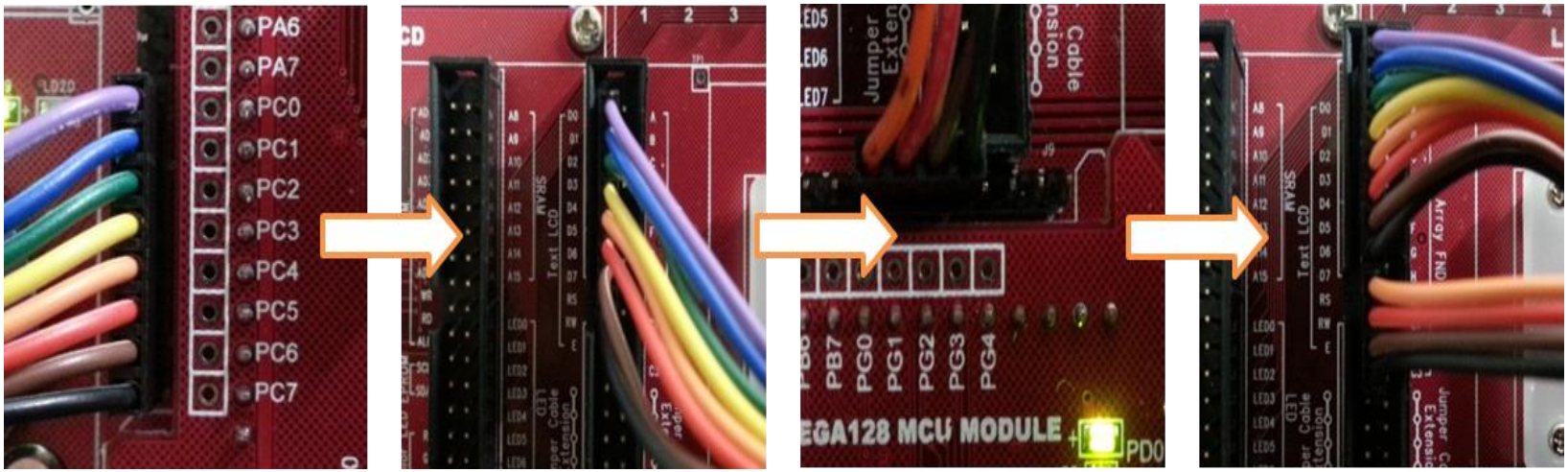
- ❖ Power Supply 모듈의 PWR_OUT을 Boost 컨버터 모듈의 V_IN에 연결
- ❖ MCU 모듈 포트 D의 PD0~PD3을 Push Button 모듈의 BT0~BT3에 연결



실습 21 : Boost 컨버터 특성 실습

❑모듈 결선 방법

- ❖ MCU 모듈 포트 C의 PC0~PC7을 Text LCD 모듈의 D0~D7 핀에 연결
- ❖ MCU 모듈 포트 G의 PG0~PG2를 Text LCD 모듈의 RS, RW, E에 연결



실습 21 : Boost 컨버터 특성 실습

❑구동 프로그램 : 사전지식

- ❖ Boost 컨버터의 입력은 PWM 신호로 제어되며 타이머 1의 OCR1A를 사용한다.
- ❖ 타이머 1의 레지스터들을 설정하여 PWM 파형을 생성한다.
- ❖ Boost 컨버터의 라이브러리 함수
  - Boost 컨버터 라이브러리 함수들은 boost.c 파일에 포함되어 있음
  - pwm_init(void) : Timer 1의 PWM을 초기화 함
  - pwm_set (unsigned int pwmFreq,unsigned int pwmDuty) : pwmFreq의 값을 갖는 주파수와 pwmDuty의 값을 갖는 듀티비의 PWM 파형을 설정 함
  - SW_init(void) : PWM의 주파수 및 듀티비를 제어하기 위한 Push Button을 초기화 함
  - adc_init(void) : Boost 컨버터의 입력 및 출력 전압을 측정하기 위한 ADC를 초기화 함
  - unsigned long adc_read_Vin(void) : Boost 컨버터의 입력 전압을 읽어옴
  - unsigned long adc_read_Vout(void) : Boost 컨버터의 출력 전압을 읽어옴
  - printf_3dot3(unsigned long data) : 읽어온 전압을 단위에 맞게 Text LCD에 출력

실습 21 : Boost 컨버터 특성 실습

❑구동 프로그램 : 사전지식

❖ pwm_init() 함수

```
void pwm_init(void)
{
        DDRB |= 0x20;          // OCR1A 출력
        // PWM mode 14
        // 14.7456MHz
        TCCR1A = 0x82;         //PWM, Fast PWM
        TCCR1B = 0x19;
        TCCR1C = 0x00;
}
```

실습 21 : Boost 컨버터 특성 실습

❑구동 프로그램 : 소스분석

❖ DutyaFreq.c

1)	#include<avr/io.h> #include<avr/interrupt.h> #include "lcd.h" // Text LCD 함수 선언 #include "boost.h" unsigned long Boost_Vin, Boost_Vout; int main(void){
2)	lcdInit(); // Text LCD 사용.
3)	SW_init(); // Push 스위치 사용.

4)	pwm_init(); // PWM 초기화.
	pwm_set(pwmF, pwmD); // PWM 주파수 듀티비 설정.

5)	adc_init(); // channel=ADC0

실습 21 : Boost 컨버터 특성 실습

❑구동 프로그램 : 소스분석

❖ DutyaFreq.c

6)	lcdGotoXY(0,0); // 첫번째 줄, 첫번째 칸.
	lcdPrint("Vi:"); // "Vi:"를 디스플레이함(입력전압).
	lcdGotoXY(0,1); // 두번째 줄, 첫번째 칸.
	lcdPrint("Vo:"); // "V0:"를 디스플레이함(출력전압).
	lcdGotoXY(8,0); // 첫번째 줄, 9번째 칸
	lcdPrint(",F:"); // 주파수
	lcdGotoXY(8,1); // 두번째 줄, 9번째 칸
	lcdPrint(",D:"); // Duty
	sei(); // 전체 인터럽트 활성화.
	
	while(1){

7)	pwm_set(1000*pwmF,10*pwmD); // 주파수를 KHz 단위로 변환하기 위해 10^3를 곱하고, 듀티는 10을 곱한다.

실습 21 : Boost 컨버터 특성 실습

❑구동 프로그램 : 소스분석

❖ DutyaFreq.c

```
8)   Boost_Vin = adc_read_Vin();          // 입력 전압을 읽어온다.
     lcdGotoXY(3,0);                      // 첫번째 줄, 4번째 칸.
     printf_3dot3(Buck_Vin);              // Buck 컨버터의 입력 전압을 디스플레이.
     Boost_Vout = adc_read_Vout();  // 출력 전압을 읽어온다.
     lcdGotoXY(3,1);                      // 두번째 줄, 4번째 칸.
     printf_3dot3(Buck_Vout);             // Buck 컨버터의 출력 전압을 디스플레이.
9)   lcdGotoXY(11,0);                     // 첫번째 줄, 12번째 칸.
     lcdDataWrite('0'+(pwmF/10));     // Frequency
     lcdDataWrite('0'+(pwmF%10));
     lcdDataWrite('K');                   // K
     lcdDataWrite('h');                   // h
     lcdDataWrite('z');                   // z
     lcdGotoXY(11,1);                     // 두번째 줄, 12번째 칸.
     lcdDataWrite('0'+pwmD);              // Duty
     lcdDataWrite('0');                   // 0
     lcdDataWrite('%');                   // %
      _delay_ms(500);                  // 딜레이 500ms
    }}
```

실습 21 : Boost 컨버터 특성 실습

❑실행 결과

- Push Button 모듈의 ‘1’ 번 스위치는 주파수 증가,‘2’ 번 스위치는 주파수 감소이며 버튼을 누를 때마다 1kHz씩 변화한다.
- ‘3’번 스위치는 듀티비 증가, ‘4’ 번 스위치는 듀티비 감소이며 버튼을 누를 때마다 10%씩 변화한다.