

# 실습 22 : GPIO를 이용한 단상 인버터 제어하기

---

## □실습 개요

- ❖ 2쌍을 이루는 4개의 스위치가 번갈아 켜지는 동작에 의해 하프 브리지 컨버터에 비해 2배의 출력 전압을 얻을 수 있는 단상 풀 브릿지 인버터 실습을 하도록 한다.

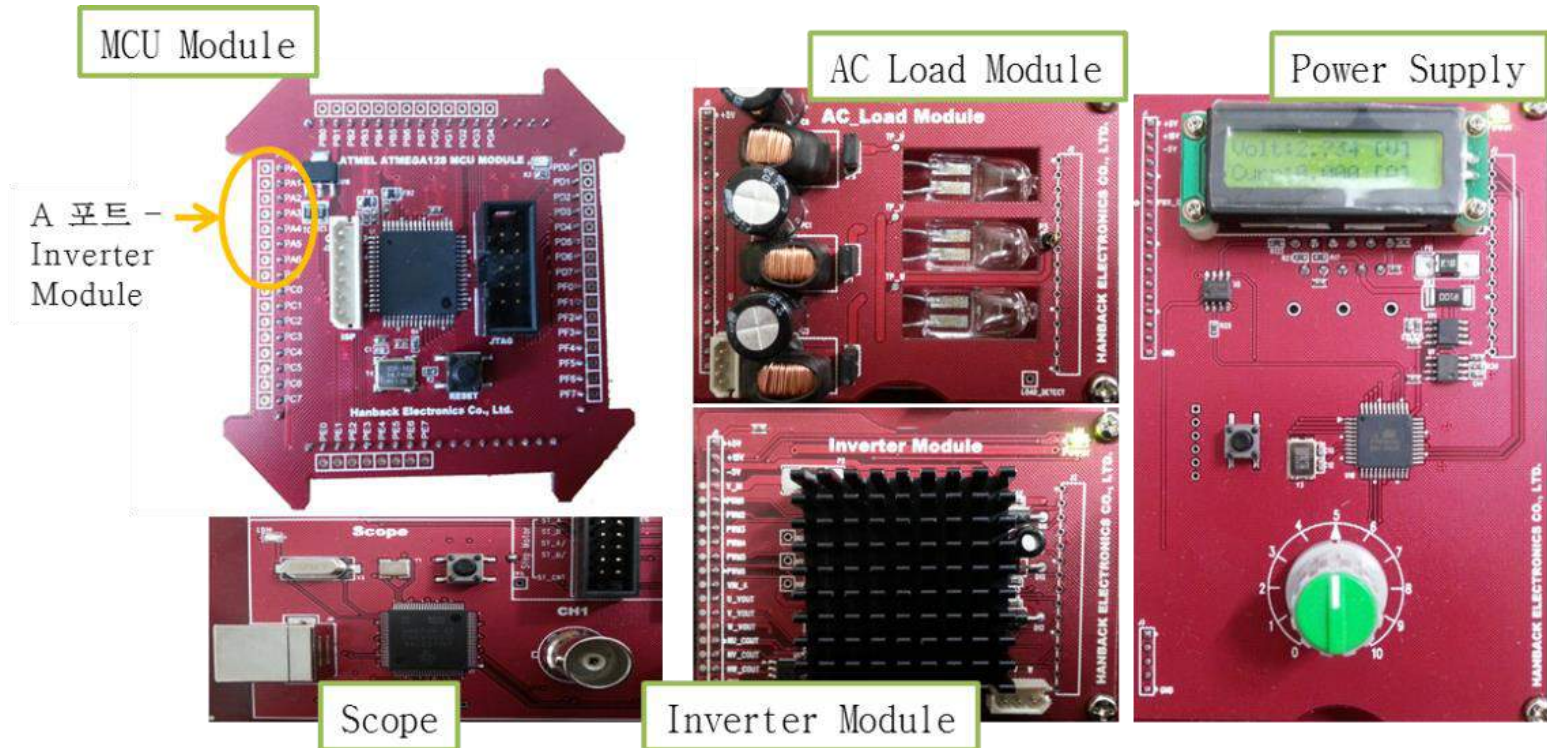
## □실습 목표

- ❖ 풀브릿지 인버터의 동작원리를 이해
- ❖ ATmega128A를 이용한 풀브릿지 인버터 제어 방법 습득

# 실습 22 : GPIO를 이용한 단상 인버터 제어하기

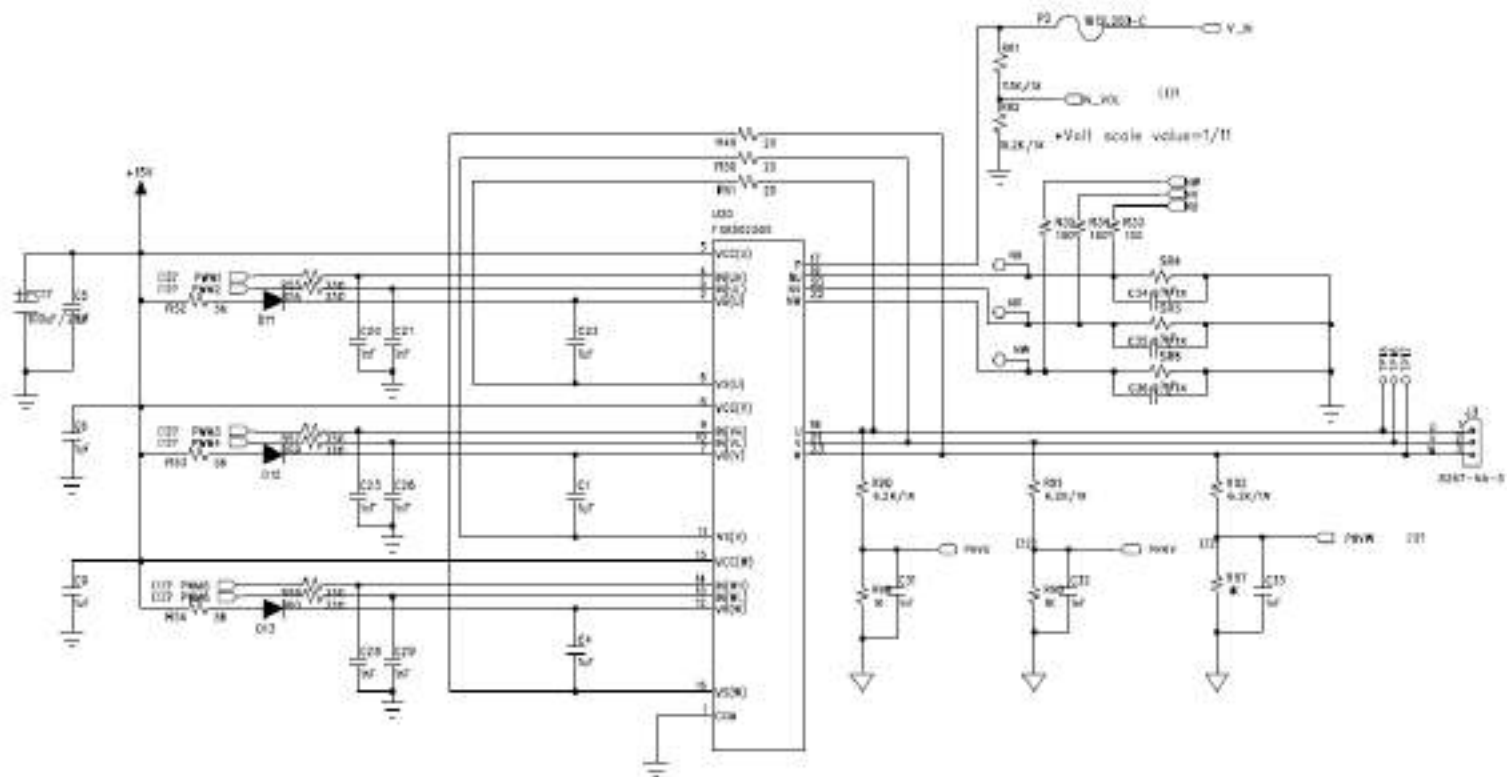
## □ 사용 모듈

- ❖ MCU 모듈, Scope 모듈, AC Load 모듈, Inverter 모듈, Power Supply



# 실습 22 : GPIO를 이용한 단상 인버터 제어하기

□사용 모듈 : Inverter 모듈의 회로

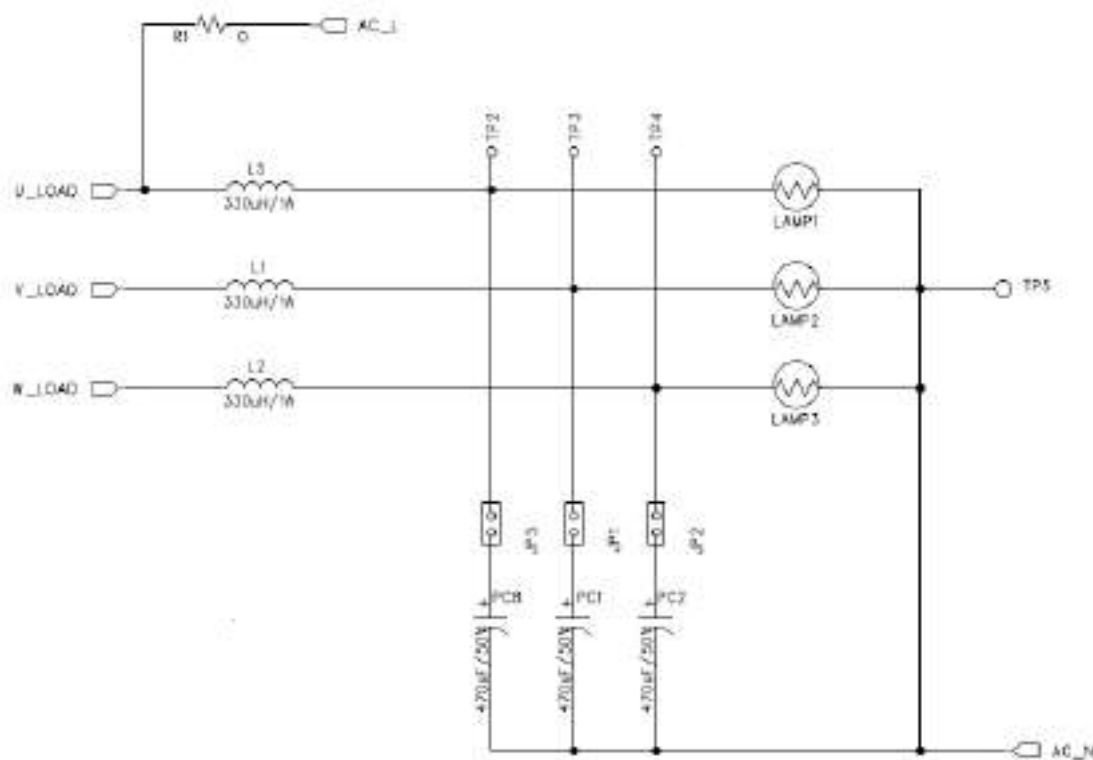


**ICAT**

Integrated Circuits for Advanced Technology Lab.

# 실습 22 : GPIO를 이용한 단상 인버터 제어하기

□사용 모듈 : AC Load 모듈의 회로



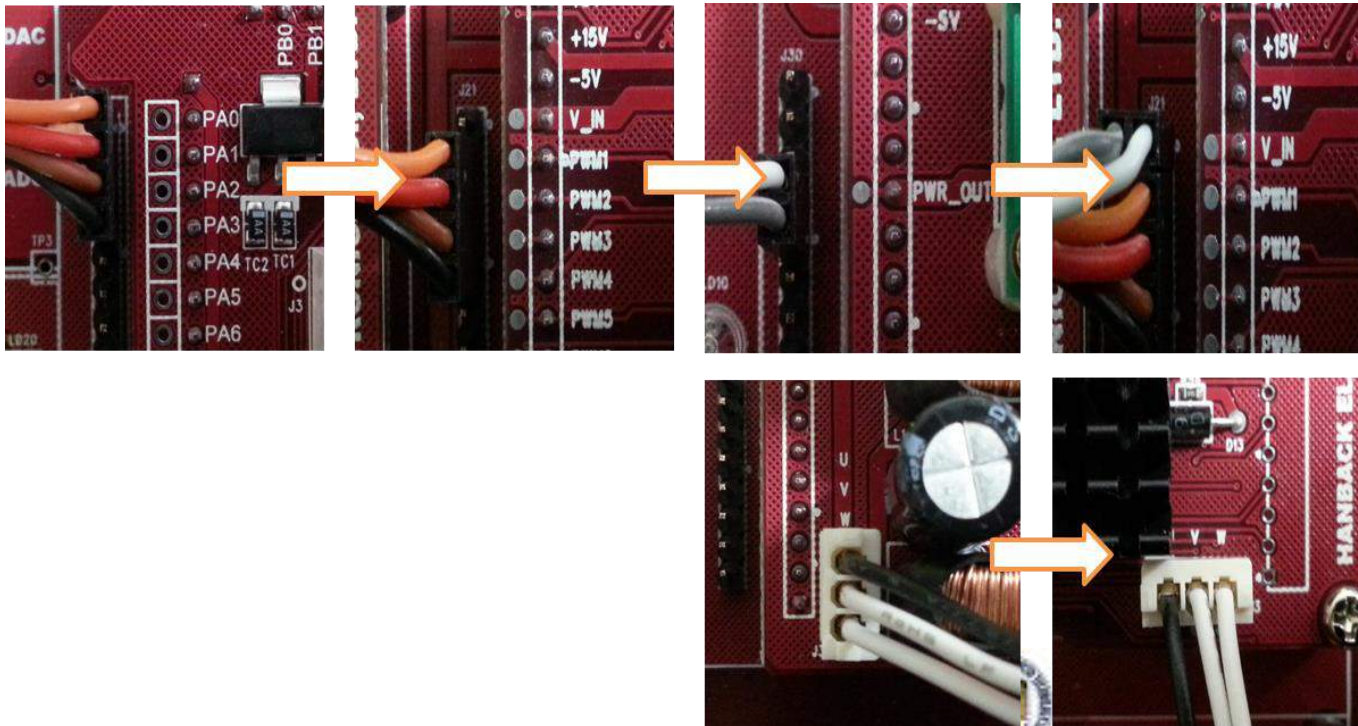
**ICAT**

Integrated Circuits for Advanced Technology Lab.

# 실습 22 : GPIO를 이용한 단상 인버터 제어하기

## □모듈 결선 방법

- ❖ MCU 모듈 포트 A의 PA0~PA3을 Inverter 모듈의 PWM1~PWM4 핀에 연결
- ❖ Power Supply 모듈의 PWR\_OUT핀을 Inverter 모듈의 V\_IN 핀에 연결
- ❖ Inverter 모듈을 3핀 커넥터로 AC Load 모듈에 연결



# 실습 22 : GPIO를 이용한 단상 인버터 제어하기

---

## □ 구동 프로그램 : 사전지식

- ❖ 무한 while-loop에서는 60Hz 주파수를 180도 구간의 2 step으로 만들어서 출력한다.
- ❖ 각 step은 8.333ms마다 실행되며 `_delay_us(8333);` 명령을 통해 수행된다.
- ❖ 60Hz의 한주기는 16.666ms( $1/60$ )이고 2 step이므로 8.333ms의 시간이 계산되어진다.
- ❖ 출력포트를 제어하는 명령인 `sbi(PORTA, PA0);` 와 `cbi(PORTA, PA0);` 명령은 위에서 선언한 `deprecated.h` 헤더파일에 정의되어 있으며 다음과 같다.
  - `#define sbi(port, bit) (port) |= (1 << (bit))`  
`#define cbi(port, bit) (port) &= ~(1 << (bit))`





# 실습 22 : GPIO를 이용한 단상 인버터 제어하기

## □ 구동 프로그램 : 소스분석

### ❖ inv\_single\_square.c

1)	<pre>#include &lt;avr/io.h&gt; #include &lt;util/delay.h&gt; #include &lt;compat/deprecated.h&gt;  int main(){</pre>
2)	<pre>DDRA = 0x0F;</pre>
3)	<pre>while(1){ // 3-1) 1st sbi(PORTA,PA0); // U0 ON cbi(PORTA,PA1); // U1 OFF cbi(PORTA,PA2); // V0 OFF sbi(PORTA,PA3); // V1 ON _delay_us(8333); // 딜레이 8.333ms // 3-2) 2nd cbi(PORTA,PA0); // U0 OFF sbi(PORTA,PA1); // U1 ON sbi(PORTA,PA2); // V0 ON cbi(PORTA,PA3); // V1 OFF _delay_us(8333); // 딜레이 8.333ms }}</pre>



# 실습 22 : GPIO를 이용한 단상 인버터 제어하기

## □ 실행 결과

- ❖ 단상 인버터 제어이기 때문에 전구가 두 개만 켜진 것을 확인 할 수 있다.





# 실습 22 : GPIO를 이용한 단상 인버터 제어하기

## □ 실행 결과

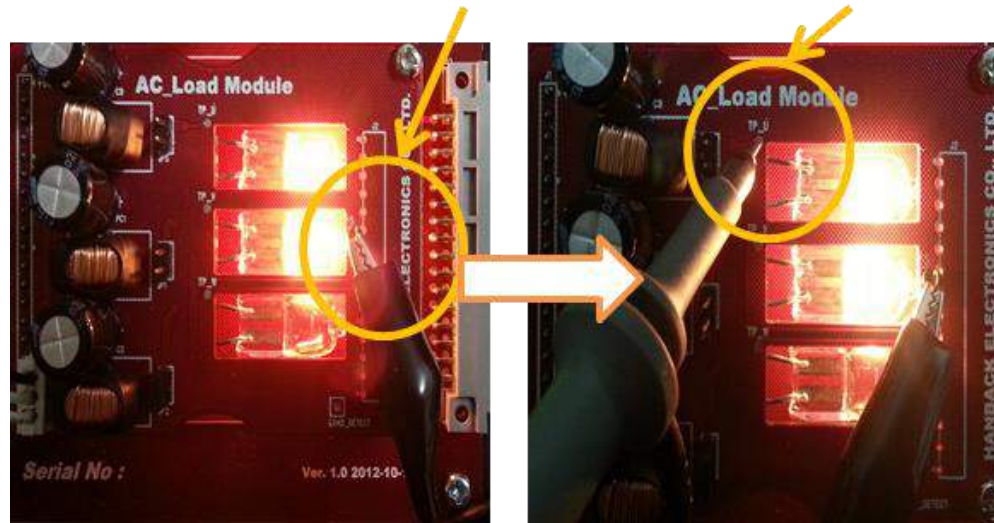
- ❖ 이번 예제의 특성을 확인하기 위해서는 MCU-Multi II에 내장된 Scope을 이용할 필요하다. Scope를 PC에 연결하고 인버터 모듈의 출력 중 'U' 핀의 값을 측정해 볼 것이다.
- ❖ 우선, AC Load 모듈의 JP5와 JP1의 점퍼 케이블을 제거한다. 제거하는 이유는 커패시터에 따른 결과 차이를 살펴보기 위해서이다.



# 실습 22 : GPIO를 이용한 단상 인버터 제어하기

## □ 실행 결과

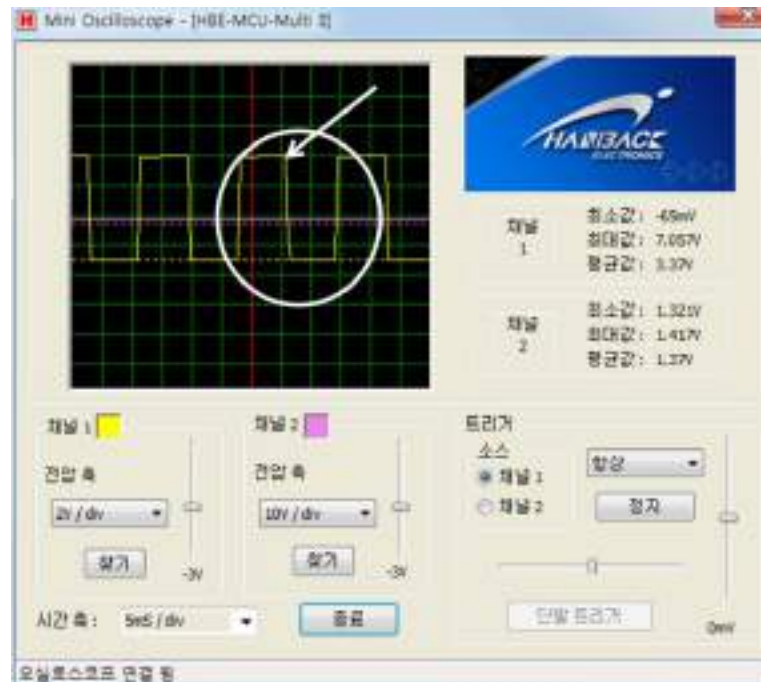
- ❖ 다음 그림과 같이 프로브의 그라운드를 TP5에 연결하고 TP\_U를 짚는다.



# 실습 22 : GPIO를 이용한 단상 인버터 제어하기

## □ 실행 결과

- ❖ 오실로스코프를 보면 앞에서 설명한 이론과 같이 전압 파형이 다음 그림과 같이 나타날 것이다(입력 전압이 약 10V 일 때 결과값이다).



# 실습 22 : GPIO를 이용한 단상 인버터 제어하기

## □ 실행 결과

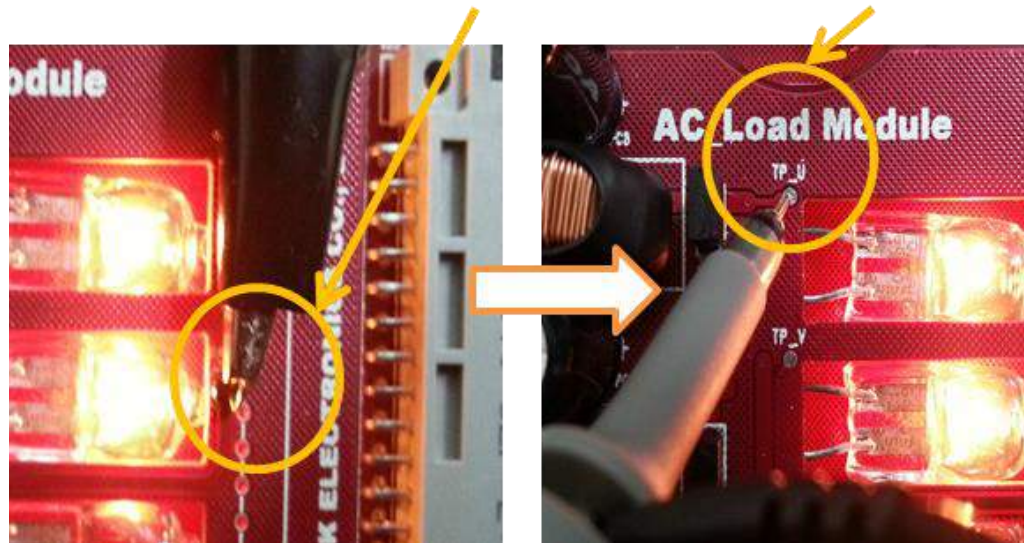
- ❖ 다음은 부하에 커패시터가 추가됨으로써 결과 파형이 어떻게 변하는지 살펴보도록 한다.
- ❖ 실습을 위해 제거하였던 JP5와 JP1의 점퍼 케이블을 다시 연결한다.



# 실습 22 : GPIO를 이용한 단상 인버터 제어하기

## □ 실행 결과

- ❖ 다음 그림과 같이 프로브의 그라운드를 TP5에 연결하고 TP\_U를 짚는다.

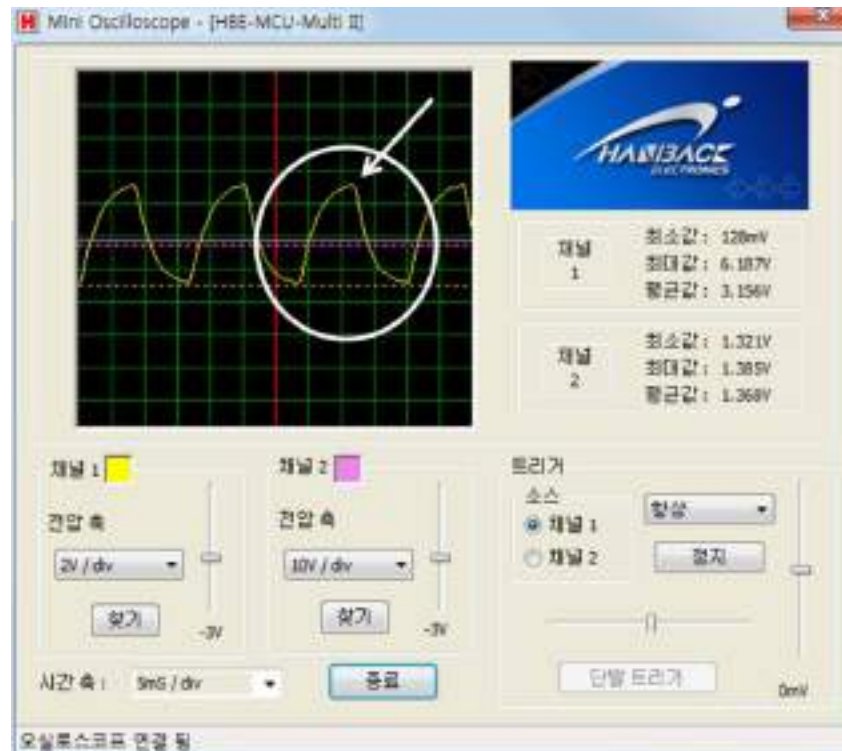




# 실습 22 : GPIO를 이용한 단상 인버터 제어하기

## □ 실행 결과

- ❖ 오실로스코프를 보면 앞에서 C, 커패시터에 의해서 파형이 앞에 결과와 다르게 퍼지는 것을 확인할 수 있다(입력 전압이 약 10V 일 때 결과값이다).





# 실습 23 : AC전원을 이용한 단상 인버터 제어하기

---

## □실습 개요

- ❖ 실습 22에서 실습한 단상 인버터 제어에 Line Sensing 모듈을 사용하여 실제 AC 전원과 동일한 위상을 가지는 단상 인버터 실습을 하도록 한다.

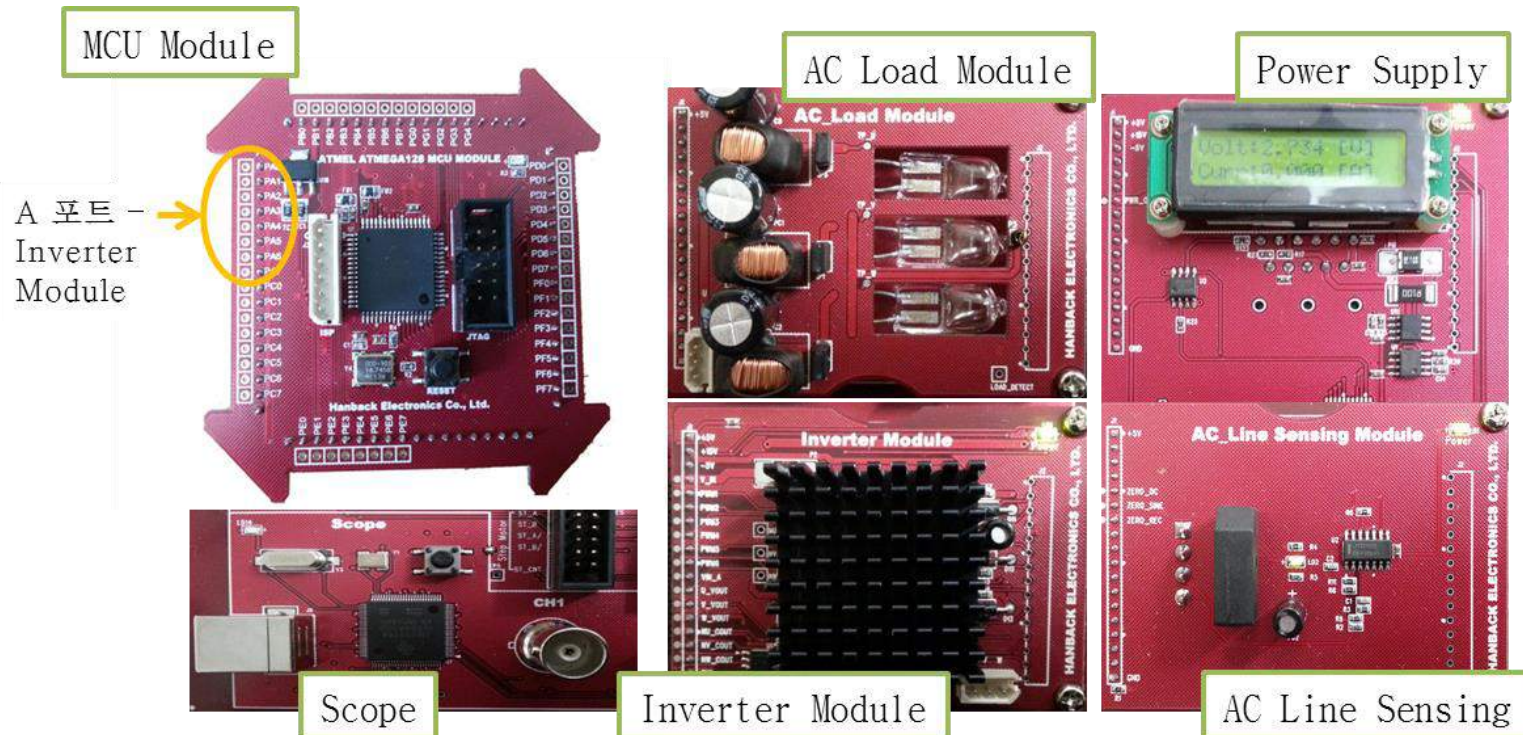
## □실습 목표

- ❖ 풀브릿지 인버터의 동작원리를 이해
- ❖ ATmega128A를 이용한 풀브릿지 인버터 제어 방법 습득

# 실습 23 : AC전원을 이용한 단상 인버터 제어하기

## □사용 모듈

- ❖ MCU 모듈, Scope 모듈, AC Load 모듈, Inverter 모듈, AC Line Sensing, Power Supply

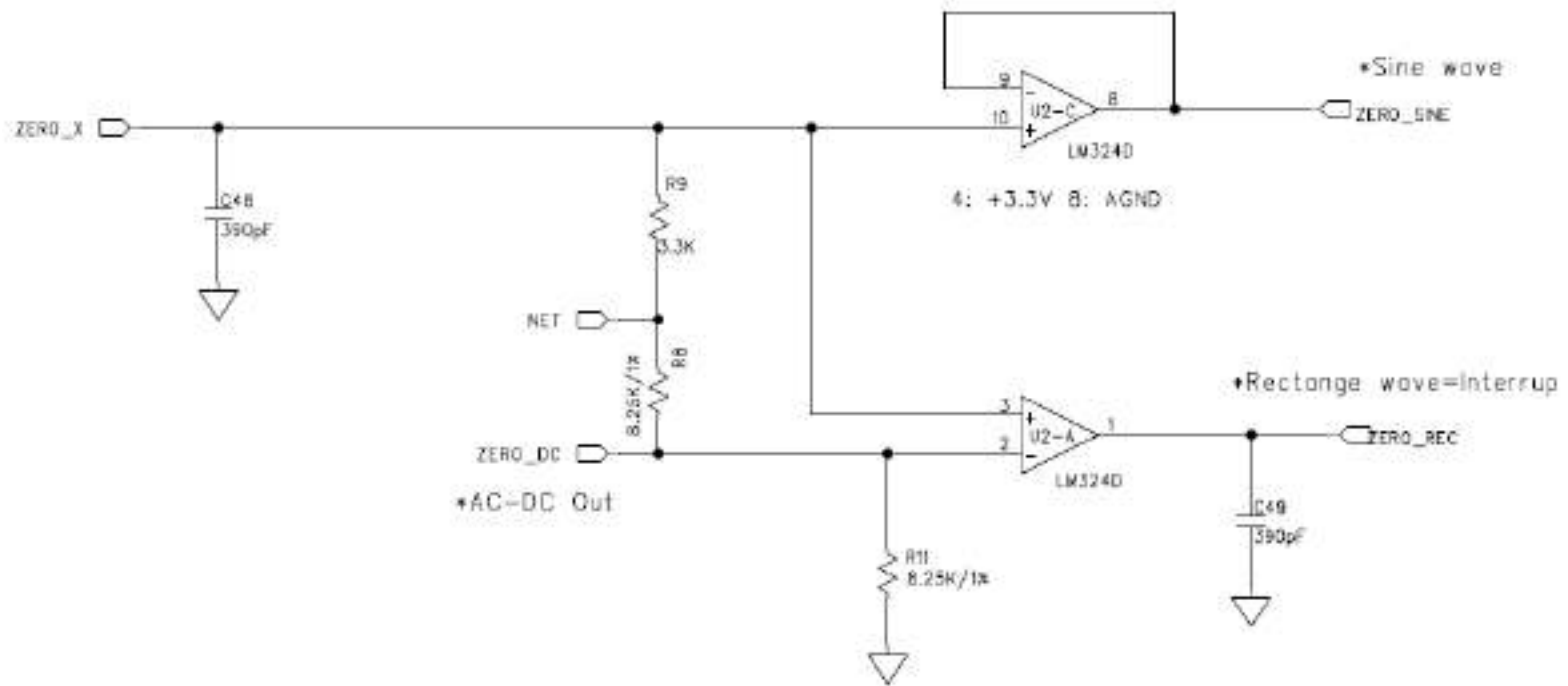


**ICAT**

Integrated Circuits for Advanced Technology Lab.

# 실습 23 : AC전원을 이용한 단상 인버터 제어하기

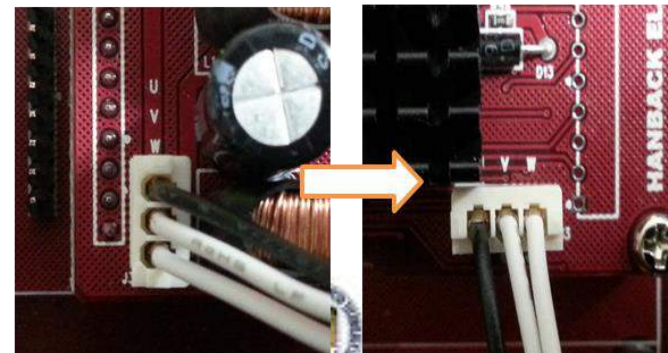
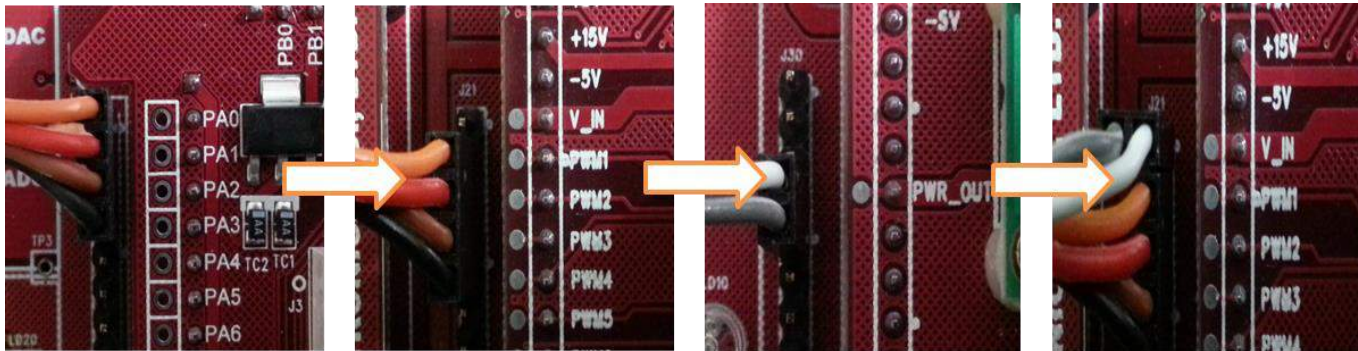
□사용 모듈 : AC Line Sensing 모듈의 회로



# 실습 23 : AC전원을 이용한 단상 인버터 제어하기

## □모듈 결선 방법

- ❖ MCU 모듈 포트 A의 PA0~PA3을 Inverter 모듈의 PWM1~PWM4 핀에 연결
- ❖ Power Supply 모듈의 PWR\_OUT핀을 Inverter 모듈의 V\_IN 핀에 연결
- ❖ Inverter 모듈을 3핀 커넥터로 AC Load 모듈에 연결

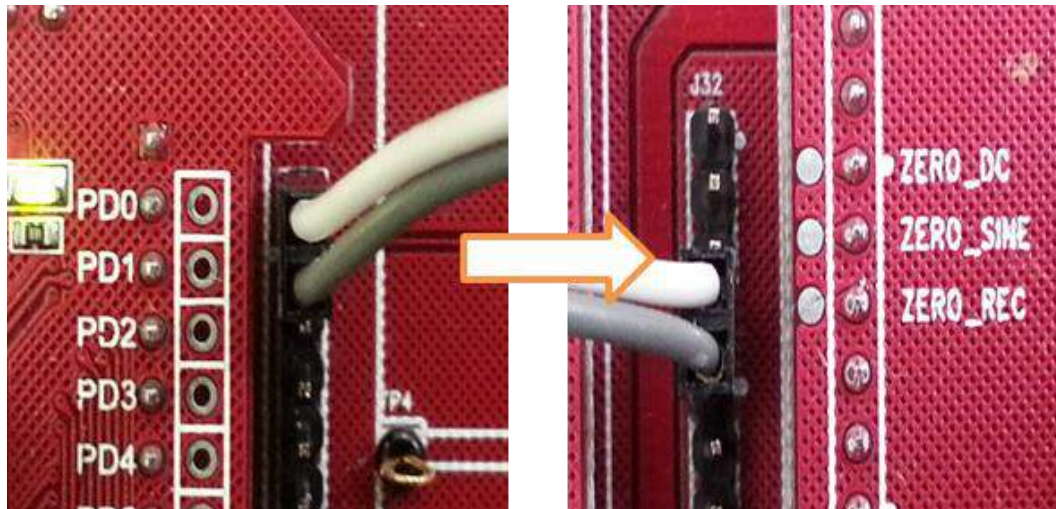




# 실습 23 : AC전원을 이용한 단상 인버터 제어하기

## □모듈 결선 방법

- ❖ AC Line Sensing을 위해, 포트D의 PD0를 AC Line Sensing 모듈의 ZERO\_REC에 연결.



# 실습 23 : AC전원을 이용한 단상 인버터 제어하기

---

## □ 구동 프로그램 : 사전지식

- ❖ 60Hz 주파수를 180도 구간의 2 step으로 만들어서 출력한다.
- ❖ 60Hz의 한주기는 16.666ms(1/60)이고 2 step이므로 8.333ms의 시간이 계산되어진다.
- ❖ 출력포트를 제어하는 명령인 `sbi(PORTA,PA0);` 와 `cbi(PORTA,PA0);` 명령은 위에서 선언한 `deprecated.h` 헤더파일에 정의되어 있으며 다음과 같다.
  - `#define sbi(port, bit) (port) |= (1 << (bit))`  
`#define cbi(port, bit) (port) &= ~(1 << (bit))`
- ❖ AC Line Sensing을 위해서 외부 인터럽트와 타이머를 이용하여 제어하도록 한다. 외부 인터럽트가 발생하면 동작되고 일정 시간 후에 정지하는 흐름이다.



# 실습 23 : AC전원을 이용한 단상 인버터 제어하기

## □ 구동 프로그램 : 소스분석

### ❖ Single\_Square\_Sync.c

1)	<pre>#include &lt;avr/io.h&gt; #include &lt;util/delay.h&gt; #include &lt;compat/deprecated.h&gt;  int main(){</pre>
2)	<pre>DDRA = 0x0F; DDRD = 0xFE;</pre>
3)	<pre>TIMSK = 0x01;           // 타이머0 오버플로우 인터럽트를 활성화 TIFR  = 1 &lt;&lt; TOV0;     // 타이머0 오버플로우 인터럽트 플래그를 클리어</pre>
4)	<pre>EICRA = 0x03;          // INT0를 rising edge로 설정 EIMSK = 0x01;          // INT0 인터럽트를 활성화 EIFR = 0x01;           // INT0 인터럽트 플래그를 클리어 sei();</pre>
5)	<pre>while(1);</pre>



# 실습 23 : AC전원을 이용한 단상 인버터 제어하기

## □ 구동 프로그램 : 소스분석

### ❖ Single\_Square\_Sync.c

6)	<pre>SIGNAL(SIG_INTERRUPT0) {   // step1   sbi(PORTA, PA0); // S1 ON   cbi(PORTA, PA1); // S4 OFF   cbi(PORTA, PA2); // S3 OFF   sbi(PORTA, PA3); // S2 ON   TCNT0 = 136; // 256-120=136 -&gt; 8.333ms 마다 한번씩 인터럽트 발생   TCCR0 = 0x07; // 타이머 0를 clk/1024분주로 시작 }</pre>
7)	<pre>SIGNAL(SIG_OVERFLOW0){   // step2   cbi(PORTA, PA0); // S1 OFF   sbi(PORTA, PA1); // S4 ON   sbi(PORTA, PA2); // S3 ON   cbi(PORTA, PA3); // S2 OFF   TCCR0 = 0x00; // 타이머 0를 정지 }</pre>

# 실습 23 : AC전원을 이용한 단상 인버터 제어하기

## □ 실행 결과

- ❖ 단상 인버터 제어이기 때문에 전구가 두 개만 켜진 것을 확인 할 수 있다.



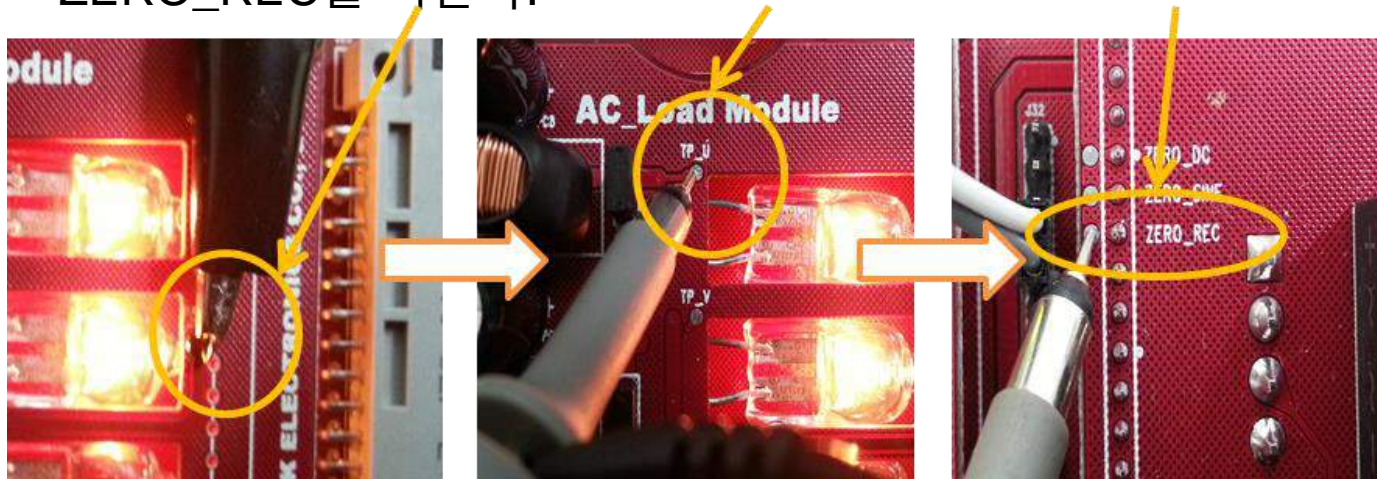
**ICAT**

Integrated Circuits for Advanced Technology Lab.

# 실습 23 : AC전원을 이용한 단상 인버터 제어하기

## □ 실행 결과

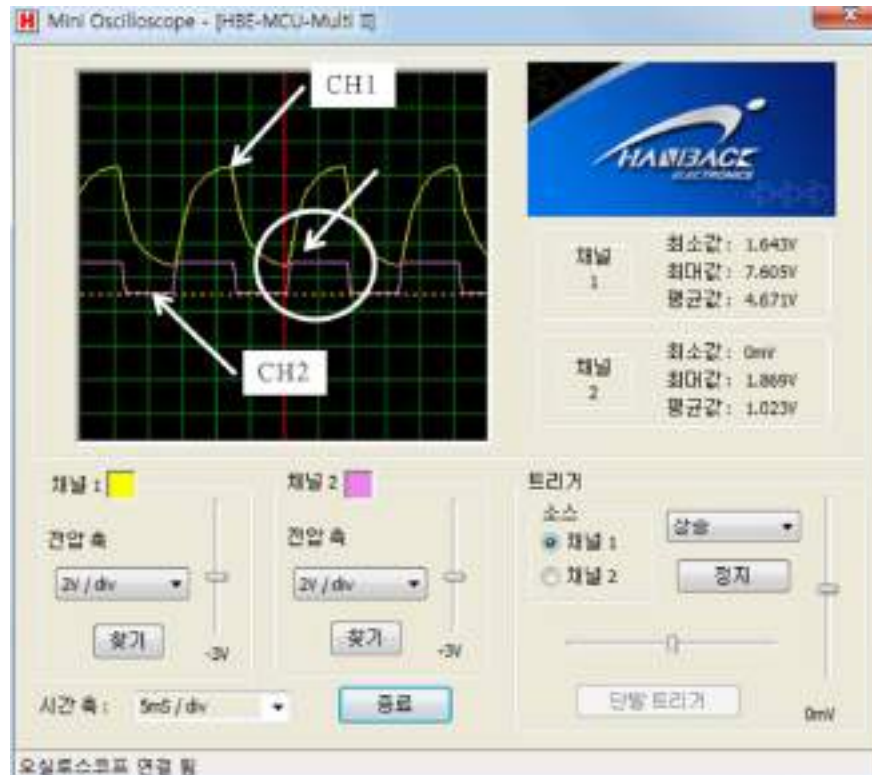
- ❖ 실습 22의 예제와 차이점을 확인하기 위해서는 실제 파형을 확인해 봐야 위상이 일치하는지 확인할 수 있다.
- ❖ 점퍼 케이블 JP5와 JP1이 연결된 상태에서 진행하도록 한다(제거된 상태에서 위상을 확인해도 무방하다).
- ❖ 다음 그림과 같이 프로브(CH1)의 그라운드를 TP5에 연결하고 TP\_U 를 찍는다. 비교를 위해서 프로브(CH2)는 AC Line Sensing 모듈의 ZERO\_REC를 찍는다.



# 실습 23 : AC전원을 이용한 단상 인버터 제어하기

## □ 실행 결과

- ❖ 결과 파형을 보면, 상승 엣지가 발생했을 때 파형이 시작하는 것을 알 수 있다.



# 3상 인버터

---

## □ 3상 구형파 인버터

- 3상 인버터(three-phase inverter)는 단일 직류 입력전원으로부터 3상 교류 출력전압을 발생하여 3상 부하에 공급하는 기능을 갖는다.
- 3상 교류 출력전압의 파형은 양방향 전환스위치  $S_a, S_b, S_c$ 를 제어함으로써 얻을 수 있으며 3상 인버터의 구성은 서로 독립적으로 동작할 수 있는 3개의 폴로 구성되며 각 폴은 a상, b상, c상에서 각각 출력상전압  $v_a, v_b, v_c$ 를 발생한다.





# 3상 인버터

---

## □ 3상 구형파 인버터

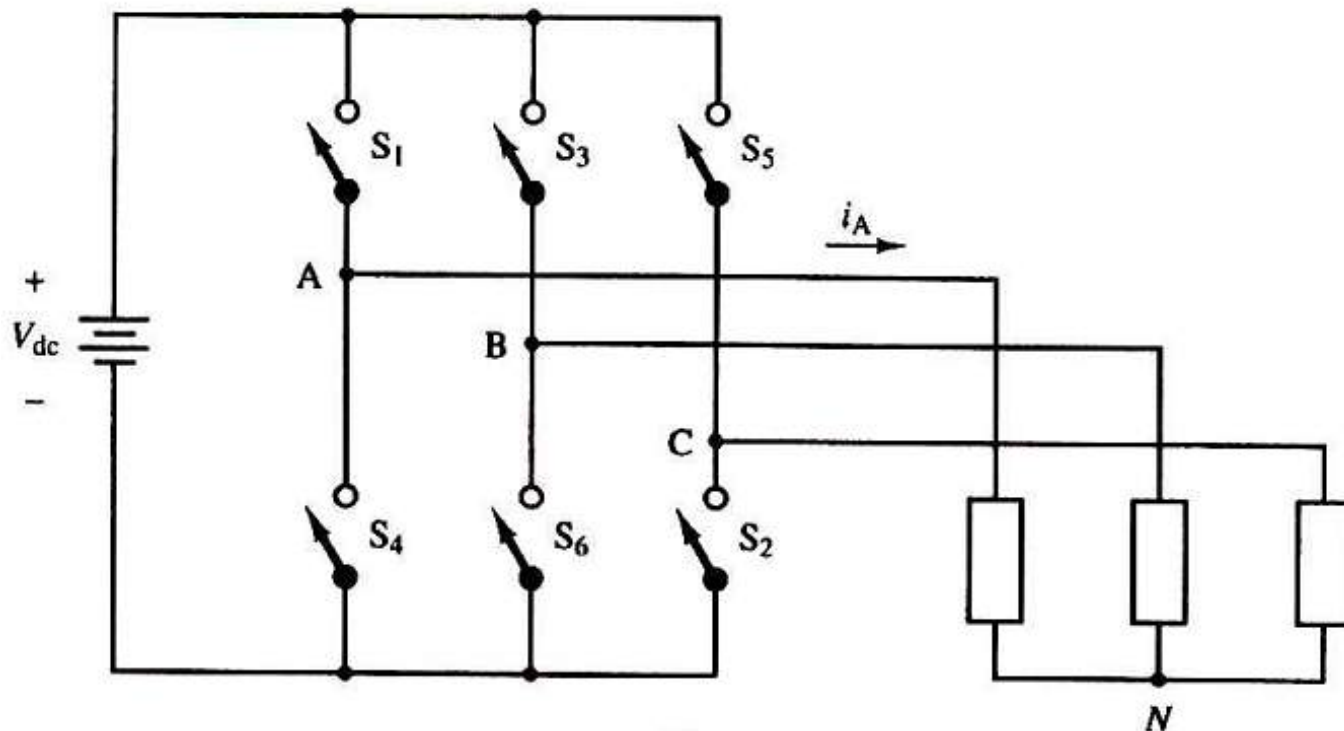
- 3상 인버터의 각 출력 상전압은 풀브리지 인버터처럼 스위칭소자의 시간차로 조정하여 각 출력 (출력상전압)마다 서로 120도의 위상차를 갖도록 제어된다. 이렇게 제어된 그러므로 두 출력 상전압의 차인 출력선간전압  $v_{ab}$ ,  $v_{bc}$ ,  $v_{ca}$ 도 서로 120도의 위상차를 갖는다.



# 3상 인버터

## □ 3상 구형파 인버터

### ❖ 3상 인버터 구성



# 3상 인버터

## □ 3상 구형파 인버터

- 3상 인버터는 스위칭 상태에 따라 출력상전압은 2레벨, 출력선간전압은 3레벨, 부하상전압은 5레벨의 파형을 얻을 수 있다.

## □ 3상 전압 명칭

### □ 출력상전압(output phase voltage)

- 단상 인버터의 경우 출력상전압은 출력전압  $v_o$  를 나타내며 3상 인버터에서 출력상전압은 직류 입력전원  $V_{dc}$ 의 가운데  $v_{dc}/2$ , 즉 0점 준위를 기준으로 하여 a, b, c점에 서의 출력전압  $v_a, v_b, v_c$ 를 가르킨다.

### □ 부하상전압(load phase voltage)

- 출력전압이 부하에 걸리는 전압으로 단상 인버터의 경우  $v_o$  로 출력상전압과 같다. 3상 인버터에서는 Y 결선된 3상 부하의 중성점(n)의 전위를 기준으로 a, b, c점의 전압  $v_{an}, v_{bn}, v_{cn}$ 을 말한다.

### □ 출력선간전압(output line-to-line voltage)

- 단상 인버터의 경우 출력선간전압은 출력상전압과 같다. 3상 인버터에서는 3개의 출력점 a와 b사이, b와 c사이, c와 a사이에 걸리는 전압  $v_{ab}, v_{bc}, v_{ca}$ 을 말한다.

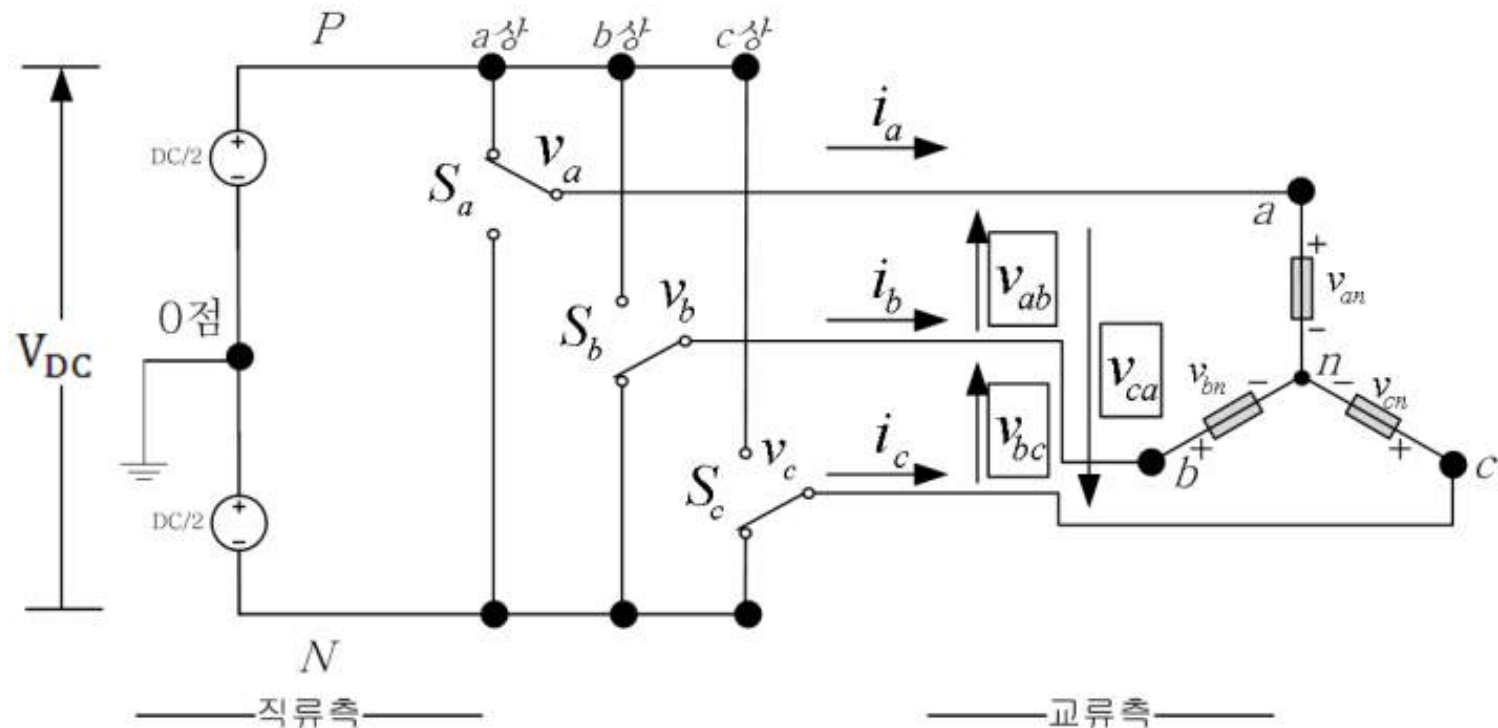
- 선간전압은 상간전압의  $\sqrt{3}$ 배가 된다.



# 3상 인버터

## □ 3상 구형파 인버터

### ❖ 3상 인버터



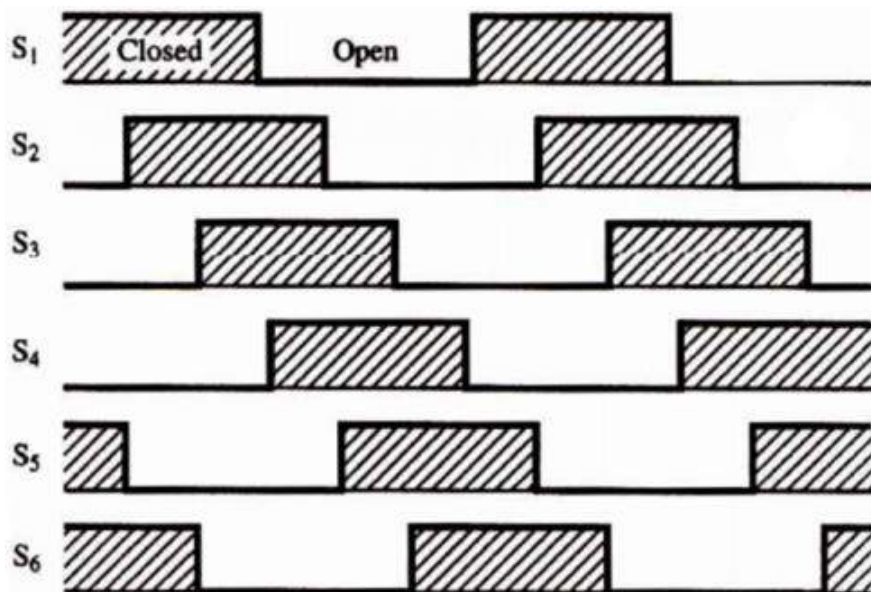
**ICAT**

Integrated Circuits for Advanced Technology Lab.

# 3상 인버터

## □3상 구형파 인버터 동작

- ❖ 3상 인버터는 1개의 폴이 2개의 스위치로 구성되며 모두 6개의 스위치로 구성된다. 각 폴의 스위치 2개는 서로 상보적으로 스위칭하게 된다.
- ❖ 3상 인버터에서 6개 스위치의 상보적인 동작



# 3상 인버터

## □ 3상 구형파 인버터 동작

- 각 폴 스위치  $S_a = S_1 - S_4$ ,  $S_b = S_3 - S_6$ ,  $S_c = S_5 - S_2$ 로 구성되며 각 스위치 함수들은 아래와 같이 상보적으로 동작하게 된다. 즉 a 상의 스위치함수  $S_a$ 에서 상단 스위치  $S_1$ 이 On 일 때 하단 스위치  $S_4$ 는 Off가 된다.

$$S_1 + S_4 = 1$$

$$S_3 + S_6 = 1$$

$$S_5 + S_2 = 1$$

- 상단 스위치의 스위치함수들의 위상차는 120도의 차이를 가지고 동작하게 된다.
- 그림 15-34에 3상 인버터의 각 폴이 구형파 제어될 때 스위칭 함수 출력상  $S_a$ , 출력선간  $S_{ab}$ , 부하상간  $S_{an}$ 의 패턴을 나타내었다.  $S_a$ 는 2레벨,  $S_{ab}$ 는 3레벨,  $S_{an}$ 은 4레벨의 파형이 됨을 알 수 있다.

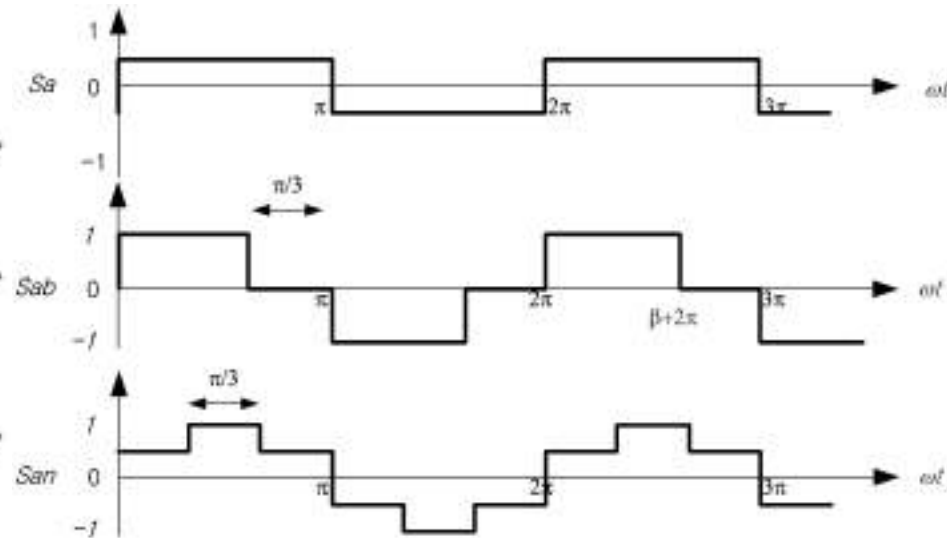
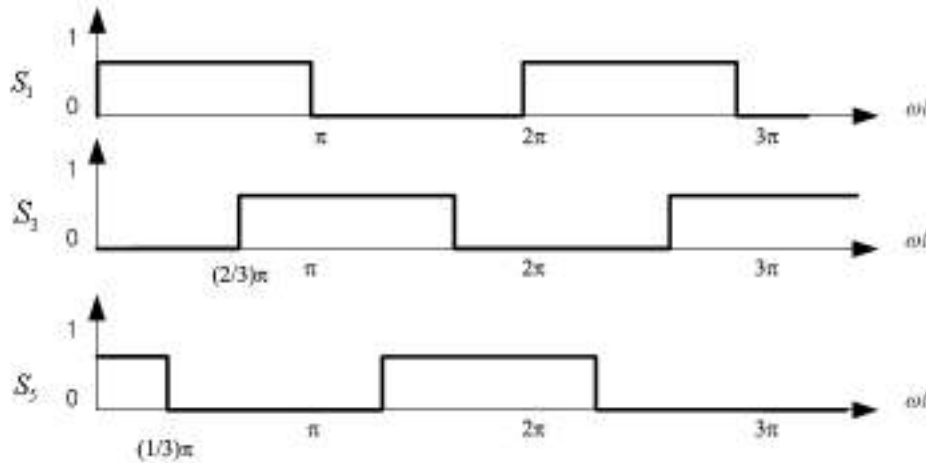




# 3상 인버터

## □ 3상 구형파 인버터 동작

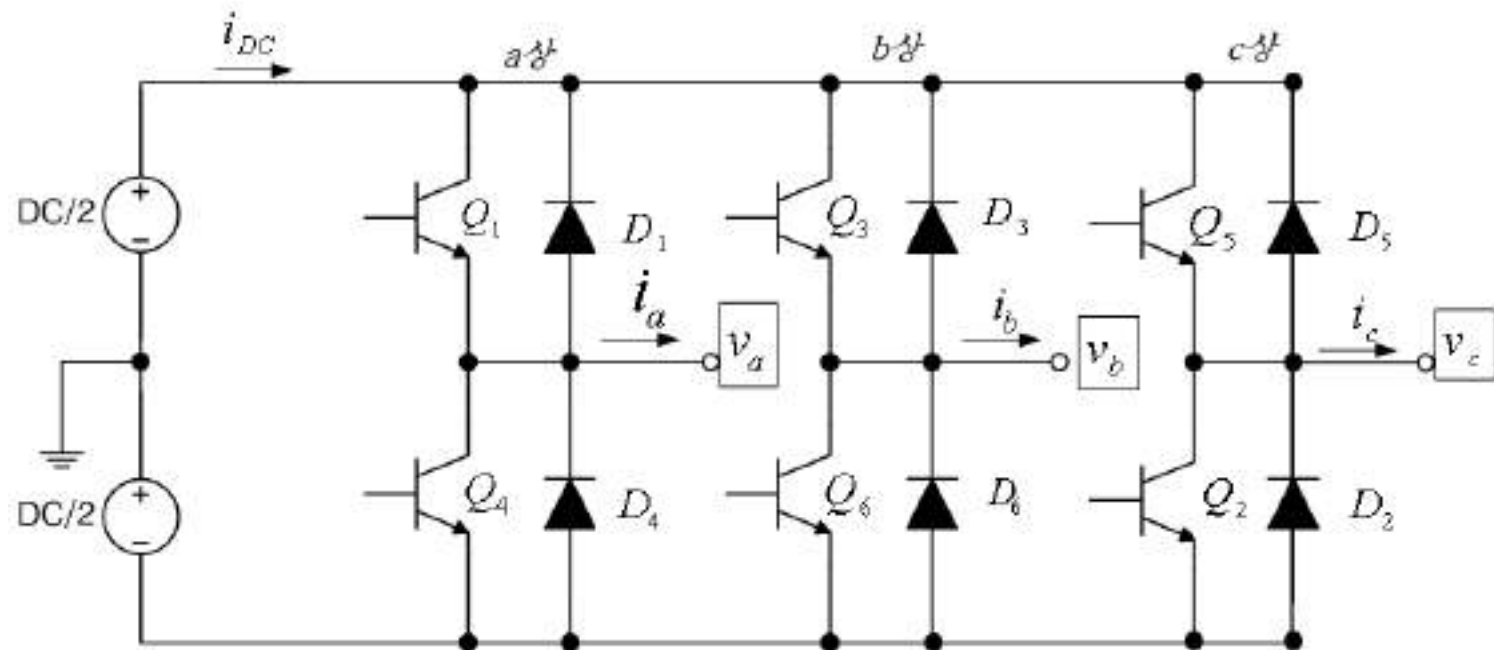
### ❖ 3상 인버터의 스위칭 함수



# 3상 인버터

## □ 3상 구형파 인버터 동작

### ❖ 3상 인버터의 회로구성



# 3상 인버터

---

## □ 3상 구형파 인버터 동작

### □ 3상 인버터의 스위칭 함수

- $S_a = 1, \bar{S}_a = 0$  : a폴의 윗상 도통되며 아래상은 비도통된다. 이때 Q1(or D1)이 on된다. Q1에 턴온신호를 인가한다.
- $S_a = 0, \bar{S}_a = 1$  : a폴의 아랫상이 도통되며 윗상은 비도통된다. 이때 Q4(or D4)이 on된다. Q4에 턴온신호를 인가한다.
- $S_b = 1, \bar{S}_b = 0$  : b폴의 윗상 도통되며 아래상은 비도통된다. 이때 Q3(or D3)이 on된다. 즉 Q3에 턴온신호를 인가한다.
- $S_b = 0, \bar{S}_a = 1$  : b폴의 아랫상이 도통되며 윗상은 비도통된다. 이때 Q6(or D6)이 on된다. 즉 Q6에 턴온신호를 인가한다.
- $S_c = 1, \bar{S}_c = 0$  : c폴의 윗상 도통되며 아래상은 비도통된다. 이때 Q5(or D5)이 on된다. 즉 Q5에 턴온신호를 인가한다.
- $S_c = 0, \bar{S}_c = 1$  : c폴의 아랫상이 도통되며 윗상은 비도통된다. 이때 Q2(or D2)이 on된다. 즉 Q2에 턴온신호를 인가한다.



# 3상 인버터

---

## □3상 구형파 인버터 동작

### ❖ 6 스텝 제어

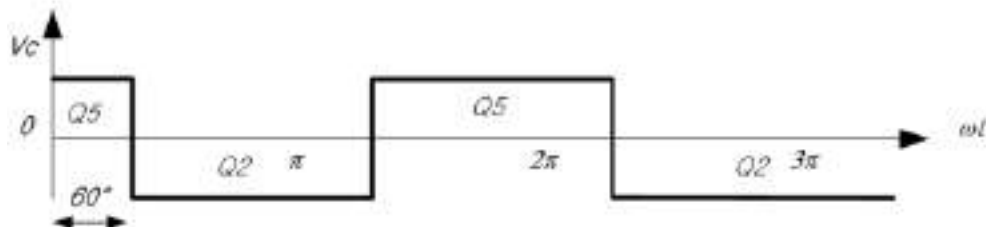
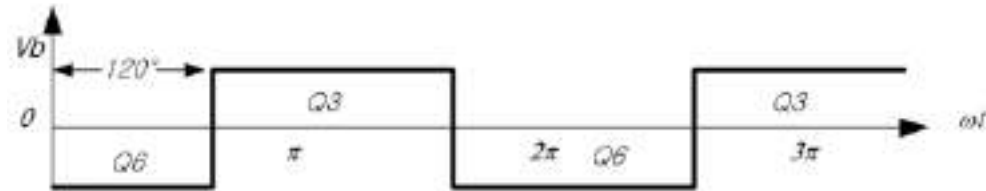
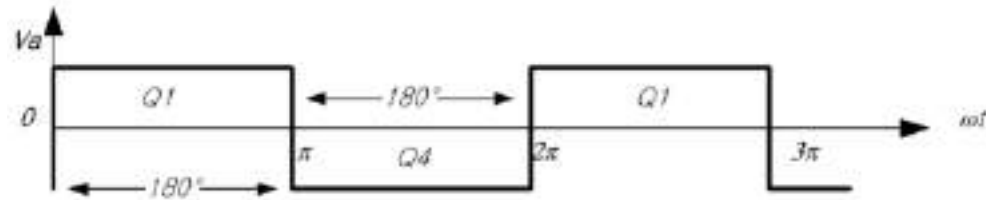
- 3상 인버터의 6개의 스위치를 각각 제어하여 부하상전압을 한 주기 동안  $60^\circ$  구간씩 6차례에 걸쳐 값이 단계적으로 변하는 6개의 파형을 출력하게 하는 제어법을 6스텝 제어라고 하며 이 운전 모드의 인버터를 6스텝 인버터라 한다.
- 인버터의 6스텝 제어를 위해 각 폴의 상단과 하단 스위치를  $180^\circ$  간격으로 스위칭하고, 각 폴전압 파형이 서로  $120^\circ$ 의 위상차를 갖도록 제어할 때 출력상전압은 2레벨의 출력파형을 가지게 된다.



# 3상 인버터

## □ 3상 구형파 인버터 동작

❖ 6 스텝 제어시 출력상 전압

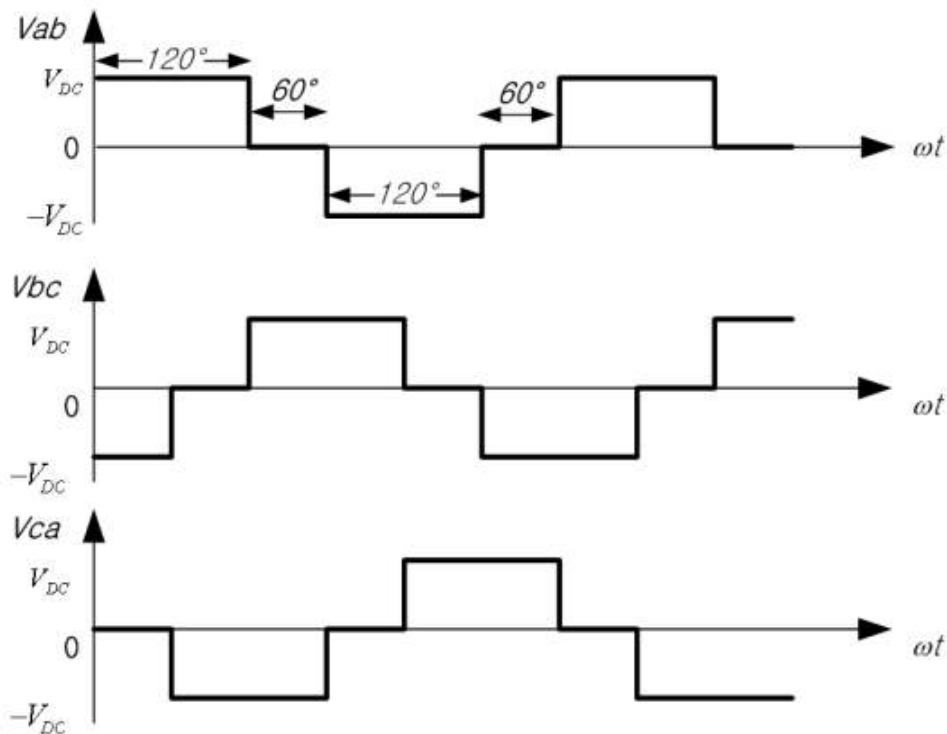


# 3상 인버터

## □ 3상 구형파 인버터 동작

### □ 6 스텝 제어시 출력선간전압

□ 출력선간전압  $V_{ab}$  와  $V_{bc}$ ,  $V_{ca}$  는 각각 3레벨의 출력파형을 가지게 된다.

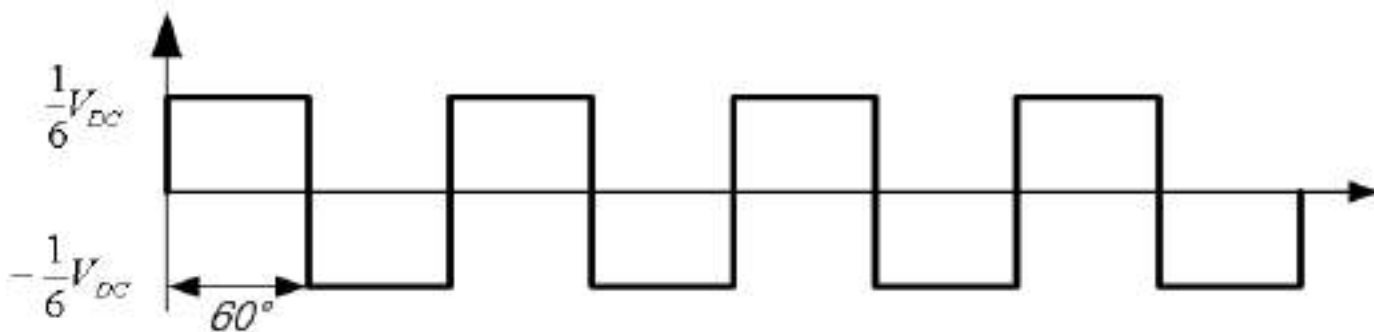




# 3상 인버터

## □ 3상 구형파 인버터 동작

- ❖ 6스텝 제어시 부하의 중성점 전압



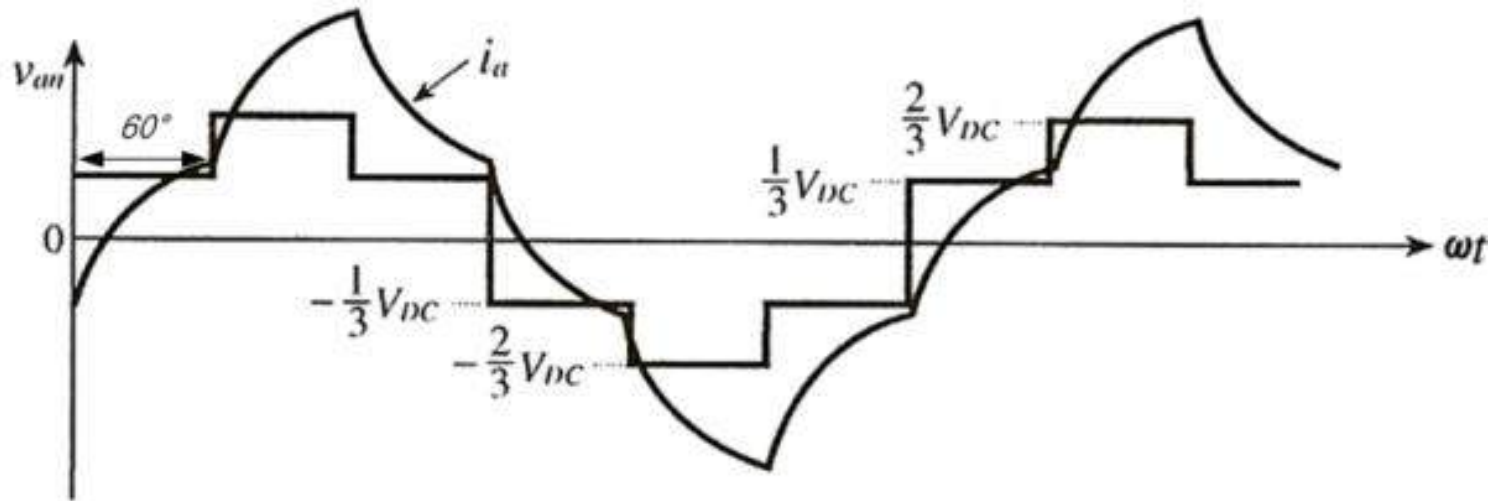
- ❖ 3상 인버터가 6스텝 제어될 때, 출력상전압은 2레벨의 출력 파형이 되며 출력선간전압은 3레벨, 부하상전압은 4레벨 파형이 된다.
- ❖ 각 상의 출력 상전압은 서로 120°의 위상차를 가진다.

# 3상 인버터

## □ 3상 구형파 인버터 동작

### ❖ 6스텝 제어시 부하상전압과 상전류

- 부하에 걸리는 부하상전압과 상전류의 4레벨의 출력파형



# 실습 24 : GPIO를 이용한 3상 인버터 제어하기

---

## □실습 개요

- ❖ 6스텝 제어를 통한 3상 인버터 제어 실습을 하도록 한다.

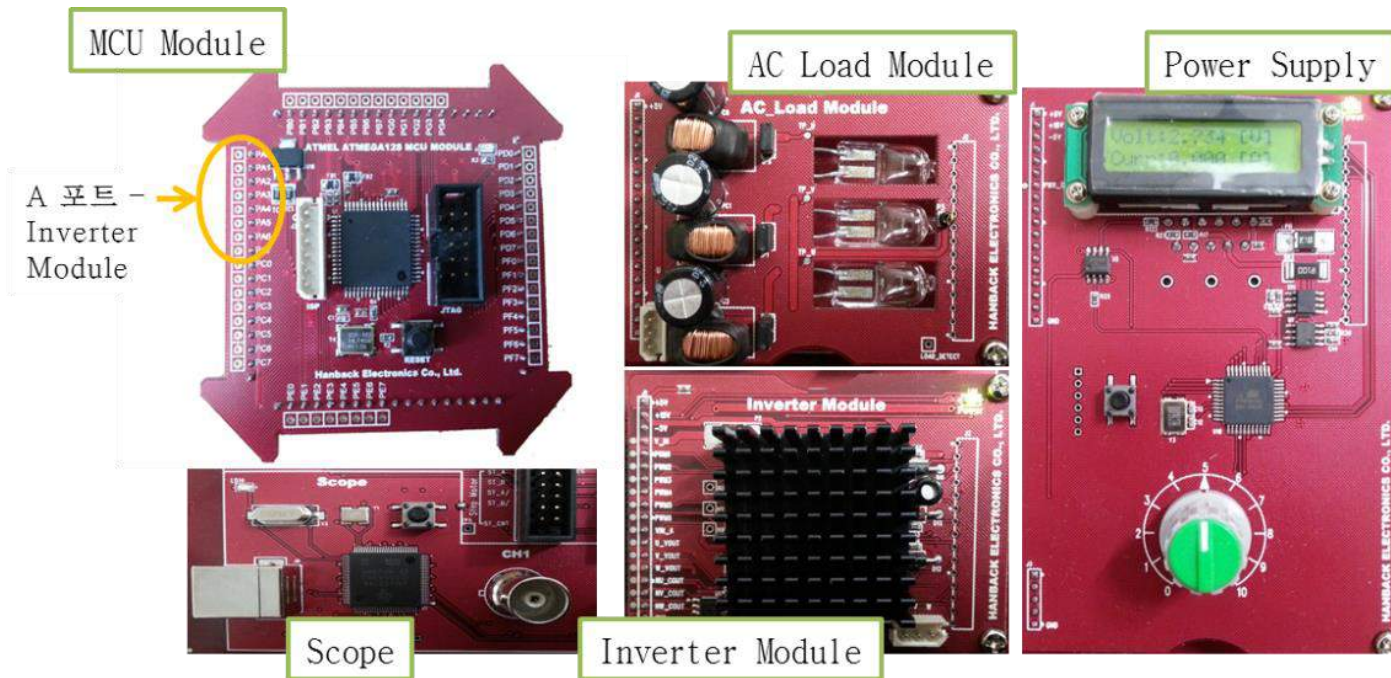
## □실습 목표

- ❖ 6스텝 제어를 통한 인버터의 동작원리를 이해
- ❖ ATmega128A를 이용한 3상 인버터 제어 방법 습득

# 실습 24 : GPIO를 이용한 3상 인버터 제어하기

## □ 사용 모듈

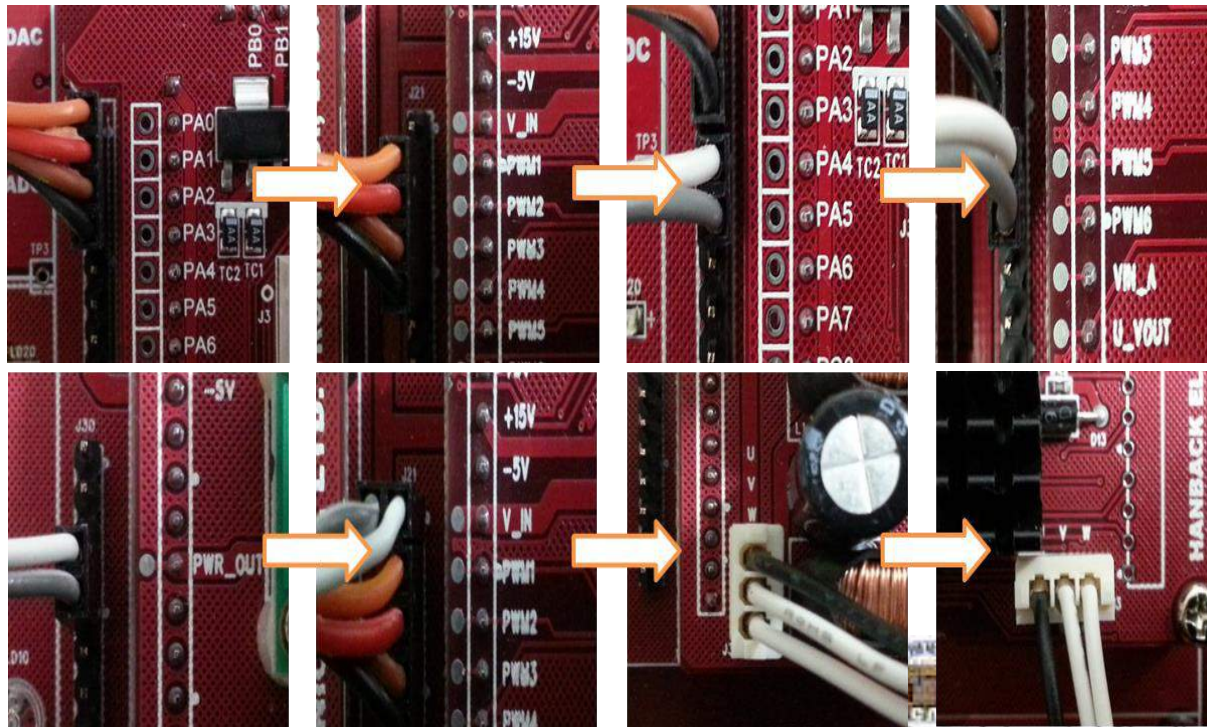
- ❖ MCU 모듈, Scope 모듈, AC Load 모듈, Inverter 모듈, Power Supply



# 실습 24 : GPIO를 이용한 3상 인버터 제어하기

## □ 모듈 결선 방법

- ❖ MCU 모듈 포트 A의 PA0~PA5는 Inverter 모듈의 PWM1~PWM6 핀에 연결
- ❖ Power Supply 모듈의 PWR\_OUT핀을 Inverter 모듈의 V\_IN 핀에 연결
- ❖ 3핀 커넥터 케이블을 이용하여 Inverter 모듈과 AC Load 모듈을 연결



# 실습 24 : GPIO를 이용한 3상 인버터 제어하기

## □ 구동 프로그램 : 사전지식

### ❖ 각 스텝당 출력 값

구분	출력값					
	S1(PA0)	S4(PA1)	S3(PA2)	S6(PA3)	S5(PA4)	S2(PA5)
Step1	ON	OFF	OFF	ON	ON	OFF
Step2	ON	OFF	OFF	ON	OFF	ON
Step3	ON	OFF	ON	OFF	OFF	ON
Step4	OFF	ON	ON	OFF	OFF	ON
Step5	OFF	ON	ON	OFF	ON	OFF
Step6	OFF	ON	OFF	ON	ON	OFF

- ❖ 각 step은 2.777ms마다 실행되며 `_delay_us(2777);` 명령을 통해 수행된다.
- ❖ 60Hz의 한주기는  $16.666\text{ms}(1/60)$ 이고 6 step이므로 2.777ms의 시간이 계산되어진다.



# 실습 24 : GPIO를 이용한 3상 인버터 제어하기

## □ 구동 프로그램 : 소스분석

### ❖ inv\_triple\_square.c

1)	<pre>#include &lt;avr/io.h&gt; #include &lt;util/delay.h&gt; #include &lt;compat/deprecated.h&gt;  int main(){</pre>
2)	<pre>DDRA = 0x3F; PORTA = 0x1A;      // step6의 출력값 - S1(PA0)-Off, S3(PA2)-Off, S5(PA4)-On _delay_us(2777);  // 딜레이 2.777ms</pre>
3-1)	<pre>while(1){ // 3-1) step1 cbi(PORTA,PA1);   // S4 OFF sbi(PORTA,PA0);   // S1 ON _delay_us(2777);  // 딜레이 2.777ms</pre>



# 실습 24 : GPIO를 이용한 3상 인버터 제어하기

## □ 구동 프로그램 : 소스분석

### ❖ inv\_triple\_square.c

3-2)	<pre>// 3-2) step2 cbi(PORTA,PA4); // S5 OFF sbi(PORTA,PA5); // S2 ON _delay_us(2777); // 딜레이 2.777ms</pre>
3-3)	<pre>// 3-3) step3 cbi(PORTA,PA3); // S6 OFF sbi(PORTA,PA2); // S3 ON _delay_us(2777); // 딜레이 2.777ms</pre>
3-4)	<pre>// 3-4) step4 cbi(PORTA,PA0); // S1 OFF sbi(PORTA,PA1); // S4 ON _delay_us(2777); // 딜레이 2.777ms</pre>



# 실습 24 : GPIO를 이용한 3상 인버터 제어하기

## □ 구동 프로그램 : 소스분석

### ❖ inv\_triple\_square.c

3-5)	<pre>// 3-5) step5 cbi(PORTA,PA5); // S2 OFF sbi(PORTA,PA4); // S5 ON _delay_us(2777); // 딜레이 2.777ms</pre>
3-6)	<pre>// 3-6) step6 cbi(PORTA,PA2); // S3 OFF sbi(PORTA,PA3); // S6 ON _delay_us(2777); // 딜레이 2.777ms } }</pre>



# 실습 24 : GPIO를 이용한 3상 인버터 제어하기

## □ 실행 결과

- ❖ 3상 인버터 제어이기 때문에 전구가 세 개가 켜진 것을 확인 할 수 있다.



# 실습 24 : GPIO를 이용한 3상 인버터 제어하기

## □ 실행 결과

- ❖ 이번 예제의 특성을 확인하기 위해서는 MCU-Multi II에 내장된 Scope을 이용할 필요하다. Scope를 PC에 연결하고 인버터 모듈의 출력중 'U', 'V', 'W' 핀의 값을 측정해 볼 것이다.
- ❖ 우선, AC Load 모듈의 JP5, JP1, JP2의 점퍼 케이블을 제거한다. 제거하는 이유는 커패시터에 따른 영향에서 벗어나기 위해서이다.

JP5, JP1, JP2의 점퍼 케이블을 연결한다.



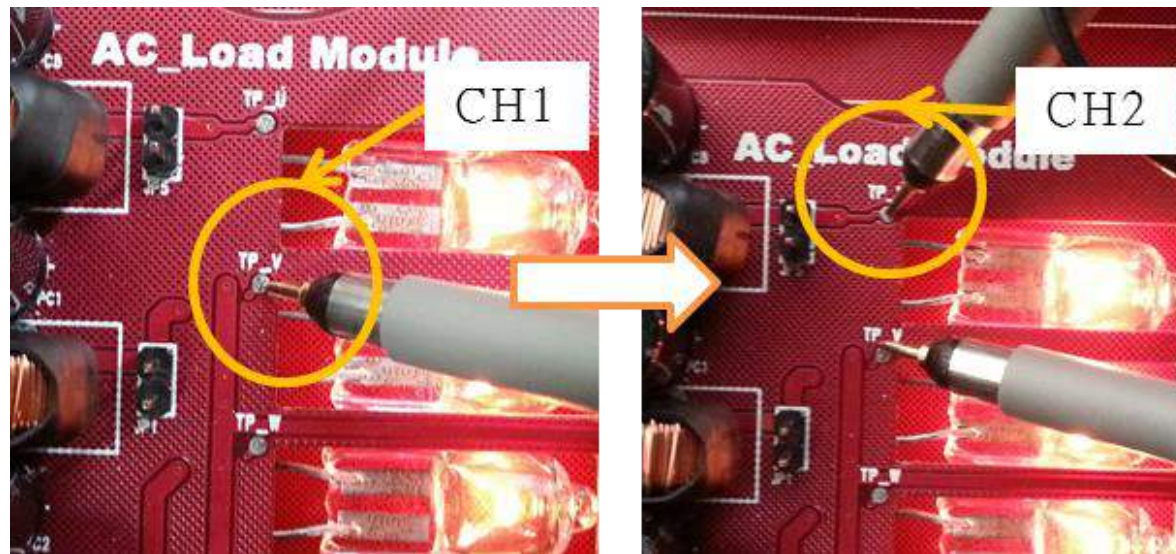
**ICAT**

Integrated Circuits for Advanced Technology Lab.

# 실습 24 : GPIO를 이용한 3상 인버터 제어하기

## □ 실행 결과

- ❖ 다음 그림과 같이 프로브(CH1)을 TP\_V에 찍고 프로브(CH2)는 TP\_U를 찍는다. CH1을 TP\_V에 찍은 이후는 CH1을 기준으로 U, V, W의 위상을 확인하기 위함이다.

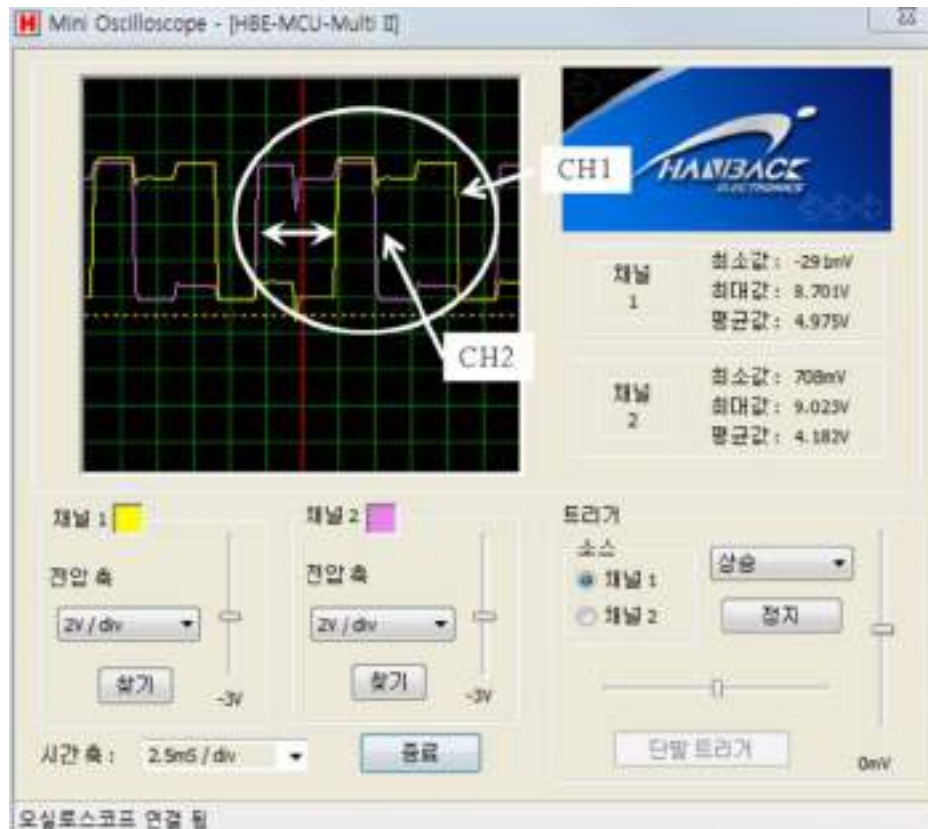




# 실습 24 : GPIO를 이용한 3상 인버터 제어하기

## □ 실행 결과

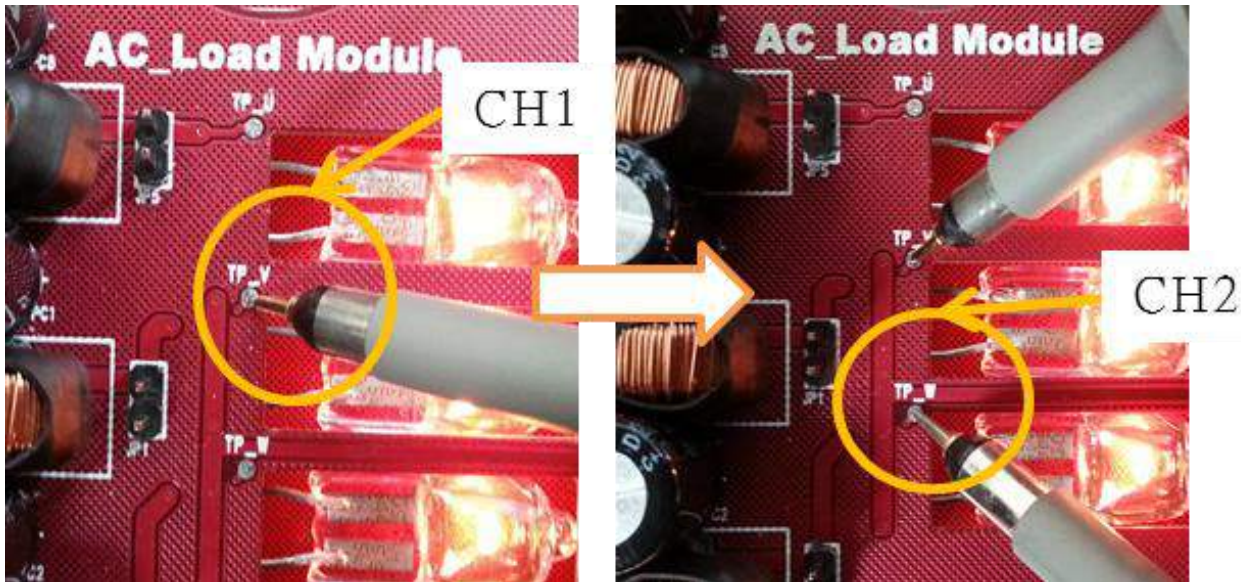
- ❖ CH2인 U가 CH1인 V에 120도 정도 앞서 있는 것을 확인할 수 있다.



# 실습 24 : GPIO를 이용한 3상 인버터 제어하기

## □ 실행 결과

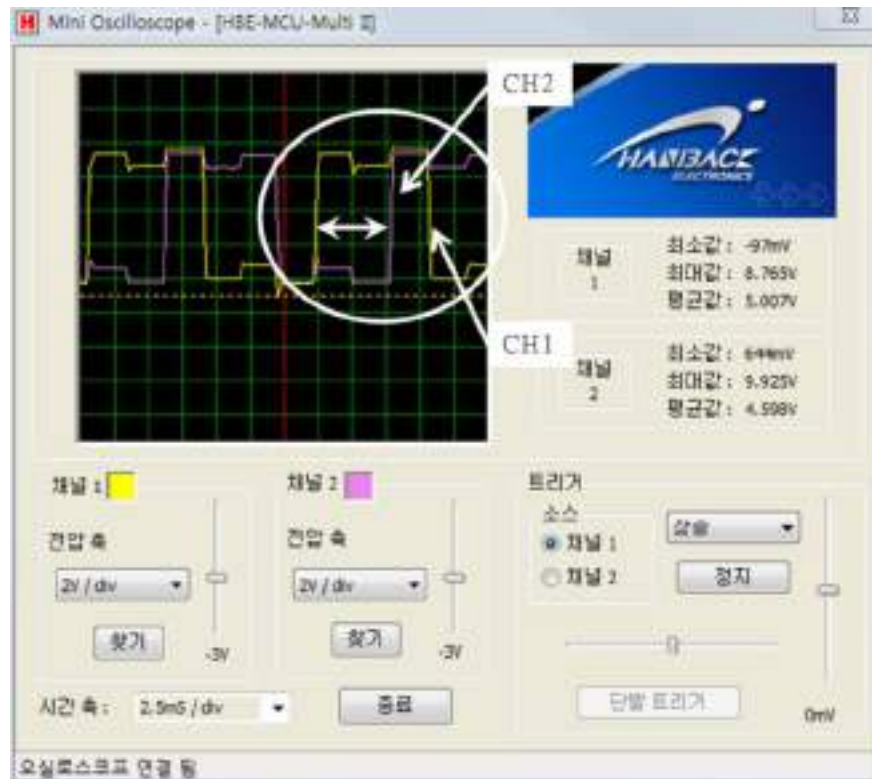
- ❖ 다음은 W의 위상을 확인하기 위해서, 아래 그림과 같이 프로브(CH1)을 TP\_V에 찍고 프로브(CH2)는 TP\_W를 찍는다. CH1을 TP\_V에 찍은 이후는 앞서 실습한 U와 W의 위상 차를 확인하기 위함이다.



# 실습 24 : GPIO를 이용한 3상 인버터 제어하기

## □ 실행 결과

- ❖ CH2인 W가 CH1인 V에 120도 정도 뒤에 있는 것을 확인할 수 있다.
- ❖ U, W는 240도 정도 차이가 나는 것을 확인할 수 있다.



# 실습 25 : AC전원을 이용한 3상 인버터 제어하기

---

## □실습 개요

- ❖ 실습 24에서 실습한 6스텝 제어를 통한 3상 인버터 제어 실습에 Line Sensing 모듈을 사용하여 실제 AC 전원과 동일한 위상을 가지는 단상 인버터 실습을 하도록 한다.

## □실습 목표

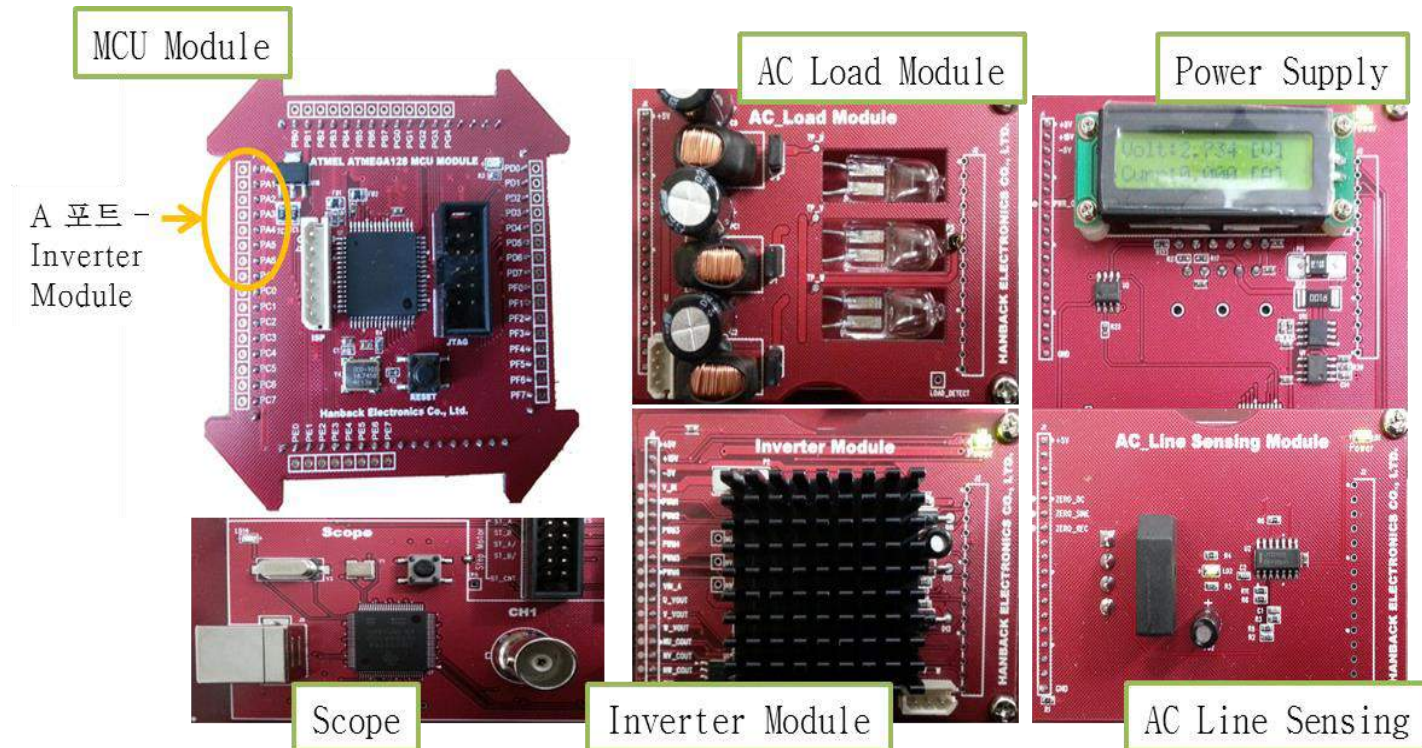
- ❖ 6스텝 제어를 통한 인버터의 동작원리를 이해
- ❖ ATmega128A를 이용한 3상 인버터 제어 방법 습득



# 실습 25 : AC전원을 이용한 3상 인버터 제어하기

## □사용 모듈

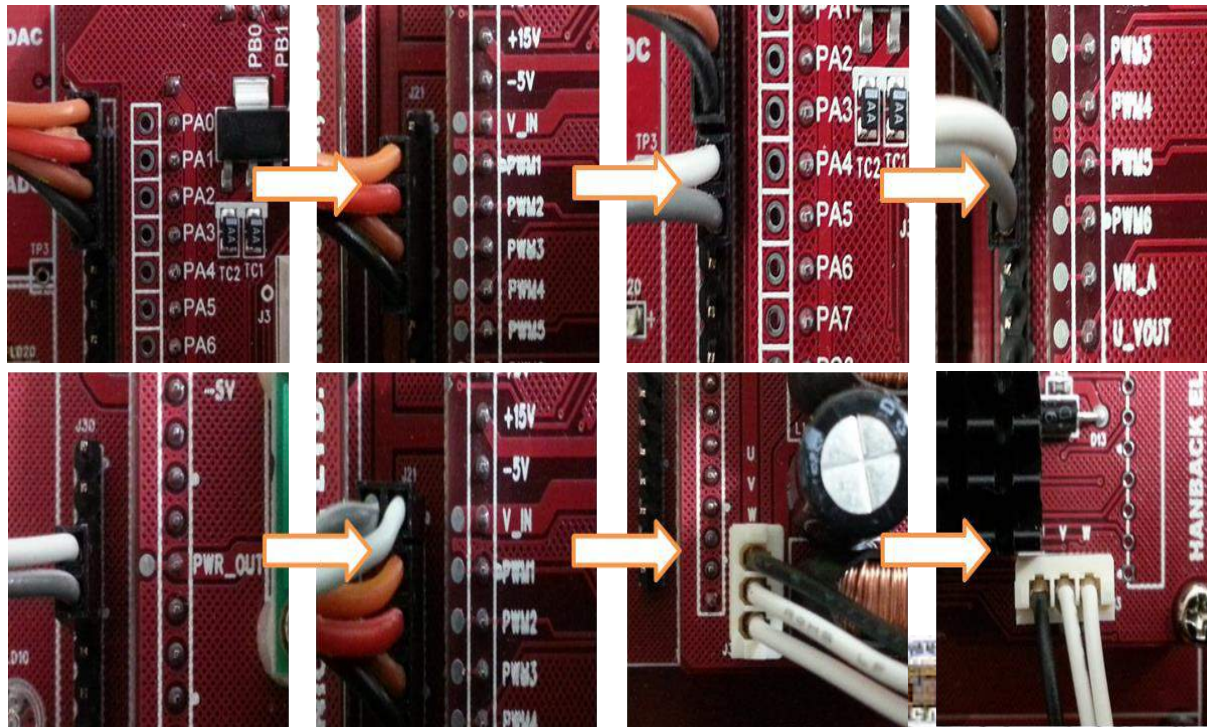
- ❖ MCU 모듈, Scope 모듈, AC Load 모듈, Inverter 모듈, AC Line Sensing, Power Supply



# 실습 25 : AC전원을 이용한 3상 인버터 제어하기

## □모듈 결선 방법

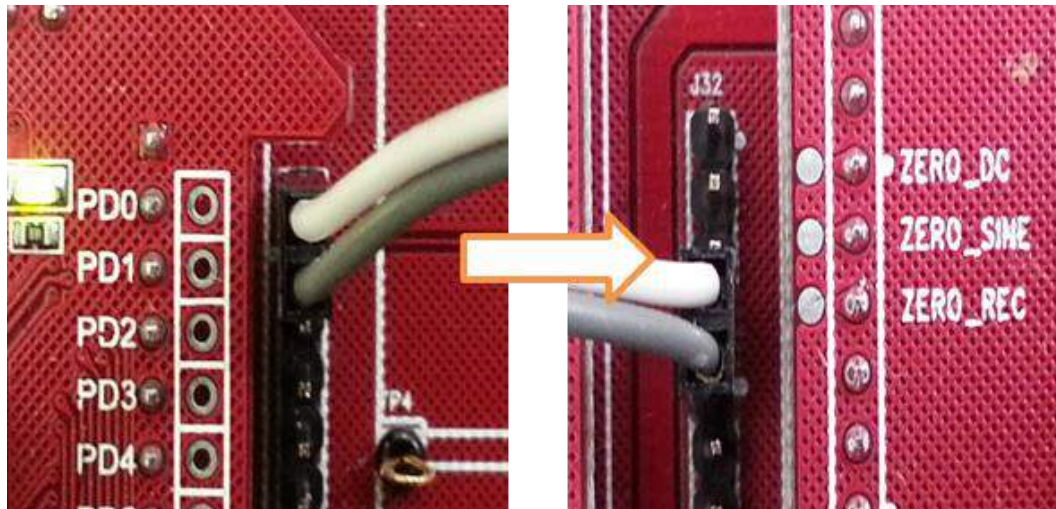
- ❖ MCU 모듈 포트 A의 PA0~PA5는 Inverter 모듈의 PWM1~PWM6 핀에 연결
- ❖ Power Supply 모듈의 PWR\_OUT핀을 Inverter 모듈의 V\_IN 핀에 연결
- ❖ 3핀 커넥터 케이블을 이용하여 Inverter 모듈과 AC Load 모듈을 연결



# 실습 25 : AC전원을 이용한 3상 인버터 제어하기

## □모듈 결선 방법

- ❖ AC Line Sensing을 위해, 포트D의 PD0를 AC Line Sensing 모듈의 ZERO\_REC에 연결.





# 실습 25 : AC전원을 이용한 3상 인버터 제어하기

---

## □ 구동 프로그램 : 사전지식

- ❖ 60Hz의 한주기는 16.666ms(1/60)이고 6 step이므로 2.777ms의 시간이 계산되어진다.
- ❖ AC Line Sensing 모듈을 통해 AC 0도에서 상승엣지 신호를 입력으로 받는다.
- ❖ 이때 여섯 번째 스텝을 실행하고, 타이머 0를 설정하여 2.777ms 후에 타이머 오버플로우 0가 실행되게 한다.
- ❖ 출력포트를 제어하는 명령인 `sbi(PORTA,PA0);` 와 `cbi(PORTA,PA0);` 명령은 위에서 선언한 `deprecated.h` 헤더파일에 정의되어 있으며 다음과 같다.
  - `#define sbi(port, bit) (port) |= (1 << (bit))`  
`#define cbi(port, bit) (port) &= ~(1 << (bit))`



**ICAT**

Integrated Circuits for Advanced Technology Lab.

# 실습 25 : AC전원을 이용한 3상 인버터 제어하기

## □ 구동 프로그램 : 소스분석

### ❖ Triple\_Square\_Sync.c

1)	<pre>#include &lt;avr/io.h&gt; #include &lt;util/delay.h&gt; #include &lt;compat/deprecated.h&gt;  volatile unsigned char step = 0;  int main(){</pre>
2)	<pre>DDRA = 0x3F; DDRD = 0xFE; PORTA = 0x16;           // step5의 출력값 - S1(PA0)-Off, S3(PA2)-On, S5(PA4)-On</pre>
3)	<pre>TIMSK = 0x01;           // 타이머0 오버플로우 인터럽트를 활성화 TIFR  = 1 &lt;&lt; TOV0;     // 타이머0 오버플로우 인터럽트 플래그를 클리어</pre>
4)	<pre>EICRA = 0x03;           // INT0를 rising edge로 설정 EIMSK = 0x01;           // INT0 인터럽트를 활성화 EIFR = 0x01;           // INT0 인터럽트 플래그를 클리어 sei();</pre>

# 실습 25 : AC전원을 이용한 3상 인버터 제어하기

## □ 구동 프로그램 : 소스분석

### ❖ Triple\_Square\_Sync.c

5)	<pre>while(1);</pre>
6)	<pre>SIGNAL(SIG_INTERRUPT0) { //3-6) step6 cbi(PORTA,PA2);    // S3 OFF sbi(PORTA,PA3);    // S6 ON step = 0; TCNT0 = 216;       // 256-40=216 -&gt; 2.777ms 마다 한번씩 인터럽트 발생 TCCR0 = 0x07;      // 타이머 0를 clk/1024분주로 시작 }</pre>
7)	<pre>SIGNAL(SIG_OVERFLOW0){ step++; if(step == 1)      // 3-1) step1 { cbi(PORTA,PA1);    // S4 OFF sbi(PORTA,PA0);    // S1 ON }</pre>



# 실습 25 : AC전원을 이용한 3상 인버터 제어하기

## □ 구동 프로그램 : 소스분석

### ❖ Triple\_Square\_Sync.c

```
7) else if(step == 2) { // 3-2) step2
    cbi(PORTA,PA4); // S5 OFF
    sbi(PORTA,PA5); // S2 ON
}
else if(step == 3) { // 3-3) step3
    cbi(PORTA,PA3); // S6 OFF
    sbi(PORTA,PA2); // S3 ON
}
else if(step == 4) { // 3-4) step4
    cbi(PORTA,PA0); // S1 OFF
    sbi(PORTA,PA1); // S4 ON
}
else if(step == 5) { // 3-5) step5
    cbi(PORTA,PA5); // S2 OFF
    sbi(PORTA,PA4); // S5 ON
    TCCR0 = 0x00; // 타이머 0를 정지
}
TCNT0 = 216; // 256-40=216 -> 2.777ms 마다 한번씩 인터럽트 발생
}
```

# 실습 25 : AC전원을 이용한 3상 인버터 제어하기

## □ 실행 결과

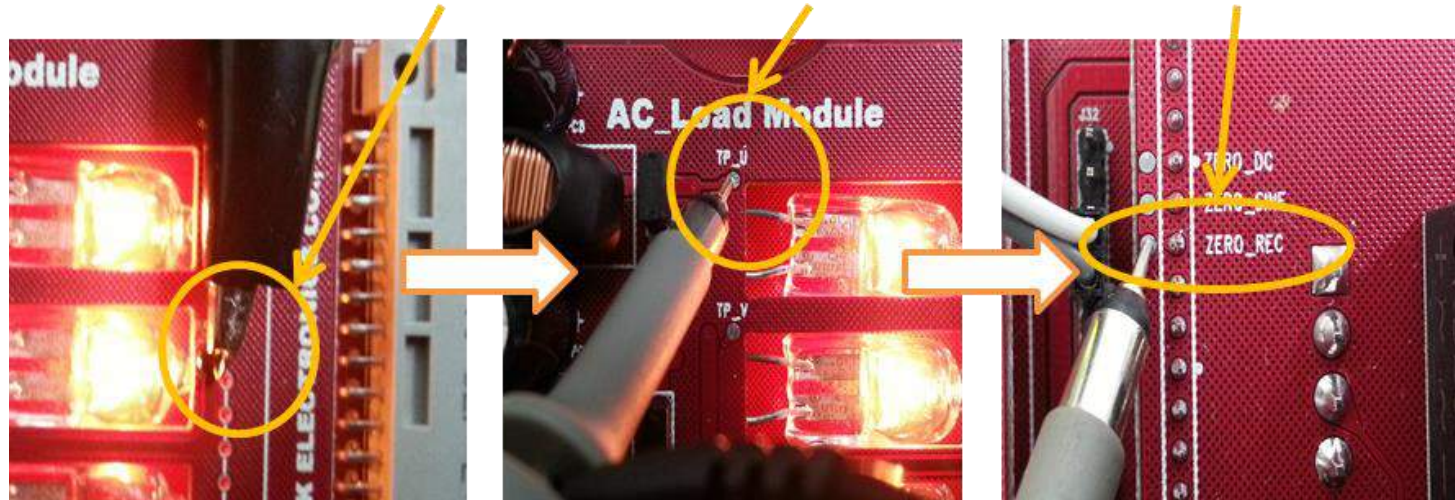
- ❖ 3상 인버터 제어이기 때문에 전구가 세 개가 켜진 것을 확인 할 수 있다.



# 실습 25 : AC전원을 이용한 3상 인버터 제어하기

## □ 실행 결과

- ❖ 실습 24의 결과와 차이점을 확인하기 위해서는 실제 파형을 확인해 봐야 위상이 일치하는지 확인할 수 있다.
- ❖ 다음 그림과 같이 프로브(CH1)의 그라운드를 TP5에 연결하고 TP\_U를 찍는다. 비교를 위해서 프로브(CH2)는 AC Line Sensing 모듈의 ZERO\_REC를 찍는다.



**ICAT**

Integrated Circuits for Advanced Technology Lab.



# 실습 25 : AC전원을 이용한 3상 인버터 제어하기

## □ 실행 결과

- ❖ 결과 파형을 보면, 상승 엣지가 발생했을 때 파형이 시작하는 것을 알 수 있다.

