8 장 : FND로 자동차 주차용 전화번호표시기 만들기

ATmega128 마이크로콘트롤러를 이용한 임베디드시스템 구현

JCnet 제이씨넷 신 상 석

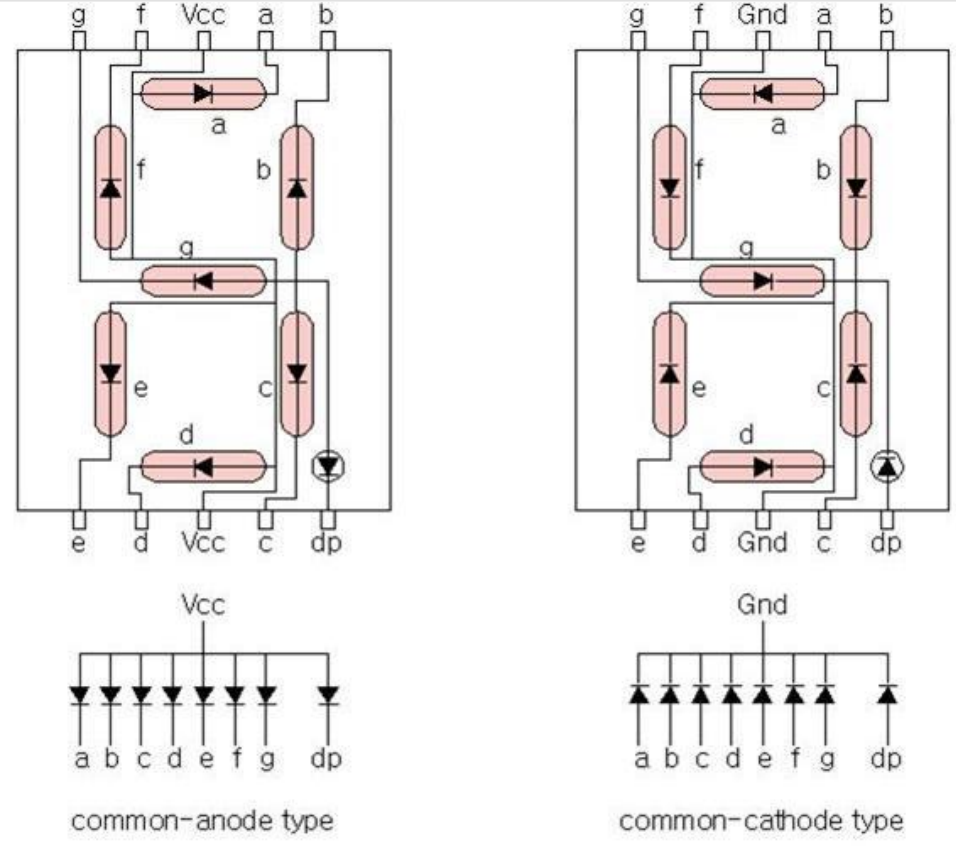
목차

FND

- FND란?
  - Flexible Numeric Device의 약자
  - 보통 7-Segment LED라고 칭함
  - LED 7개(점 포함 8개)로 숫자를 표시하기 쉽도록 배열한 제품
  - 1개, 2개, 3개, 4개를 함께 디스플레이하는 형태의 제품 판매
  - 많이 사용하는 곳 : 엘리베이터 층 표시기, 임베디드 제품 상태 표시기

FND

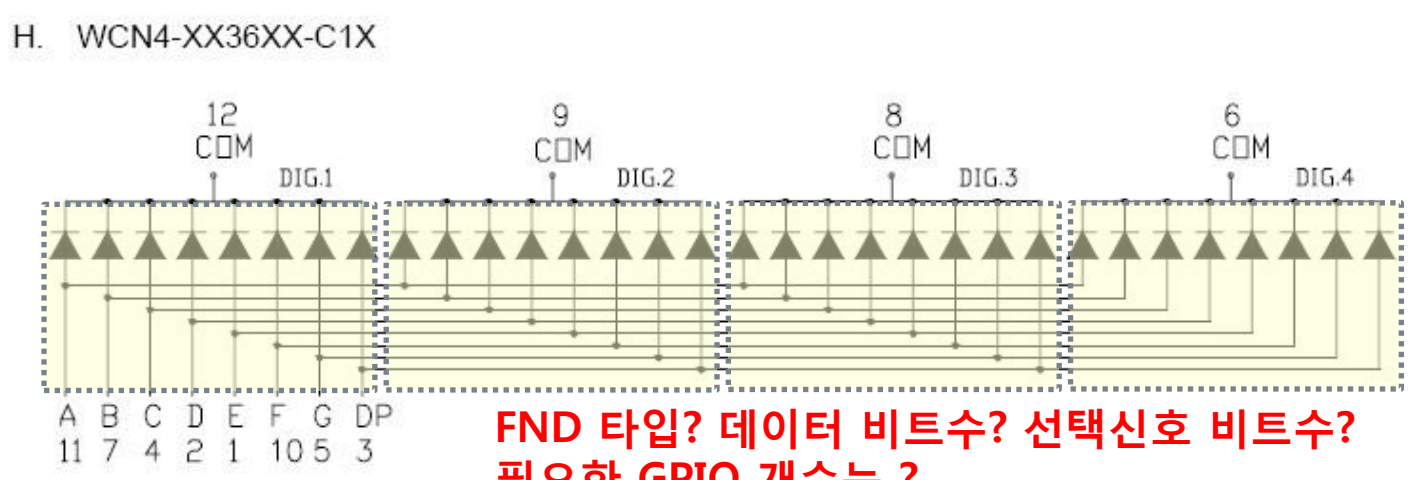
- FND 종류 및 구조
  - Common Cathode 타입 (CC 타입)
  - Common Anode 타입 (CA 타입)



FND

다중 FND

- 여러 개의 FND가 함께 묶여진 형태로, FND를 한 개씩 빠르게 돌아가면서 디스플레이하는 방식을 사용하면 눈의 잔상효과 때문에 모든 FND가 동시에 디스플레이되는 것처럼 보이는 현상을 이용한 제품 (최소 1/30 초 (30ms) 주기로 디스플레이 필요)
- 숫자를 표시하는 데이터 신호는 공통으로 사용하고, 각 FND를 선택하는 신호는 따로 할당하되, 선택 신호를 Common 노드에 할당

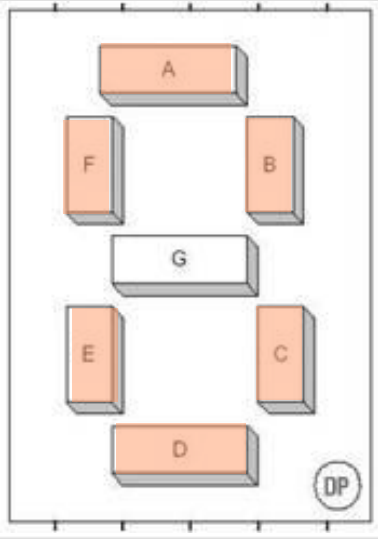


FND 타입? 데이터 비트수? 선택신호 비트수?
필요한 GPIO 개수는 ?

FND

FND 숫자 표현 (Common-Cathode 경우)

8비트로 '0'을 표현하려면 ?

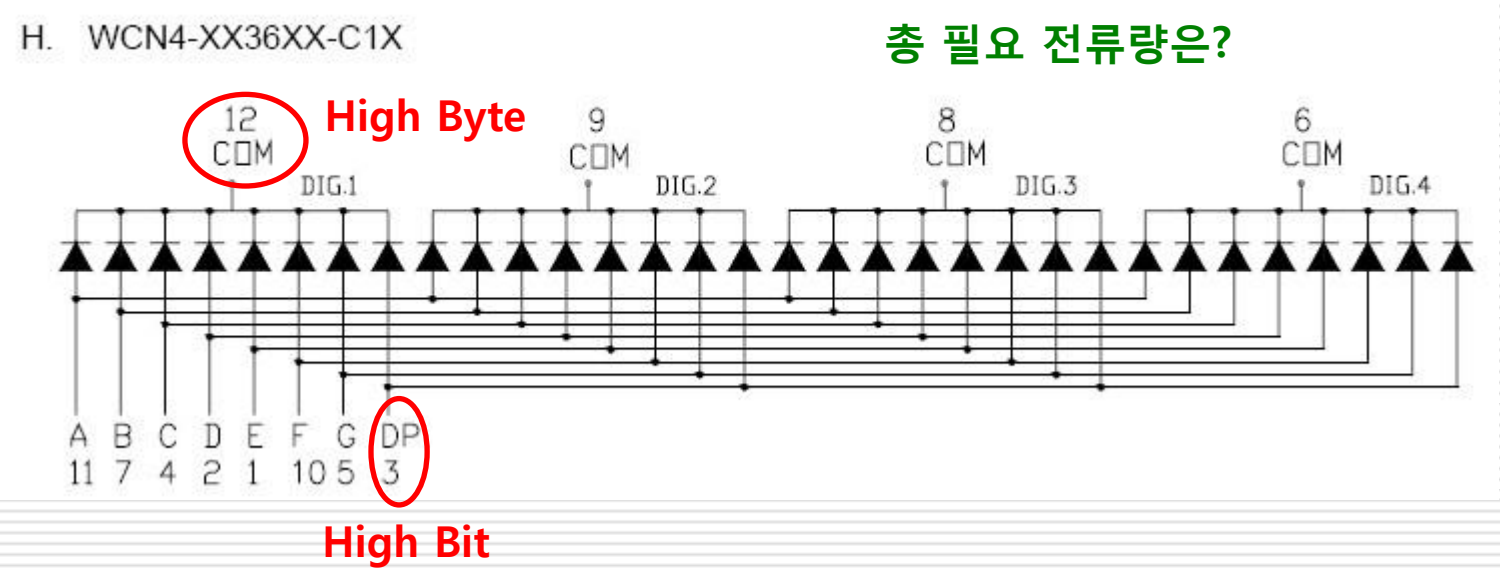


16 진수	7-세그먼트의 비트값								데이터 값 (HEX)
	DP	G	F	E	D	C	B	A	
0									
1									
2									
3	0	1	0	0	1	1	1	1	0X4F
4	0	1	1	0	0	1	1	0	0X66
5	0	1	1	0	1	1	0	1	0X6D
6	0	1	1	1	1	1	0	1	0X7D
7	0	0	1	0	0	1	1	1	0X27
8	0	1	1	1	1	1	1	1	0X7F
9	0	1	1	0	1	1	1	1	0X6F
A	0	1	1	1	0	1	1	1	0X77
B	0	1	1	1	1	1	0	0	0X7C
C	0	0	1	1	1	0	0	1	0X39
D	0	1	0	1	1	1	1	0	0X5E
E	0	1	1	1	1	0	0	1	0X79
F	0	1	1	1	0	0	0	1	0X71

JKIT-128-1에서의 FND 연결 설계

- JKIT-128-1에서의 FND 연결 설계 개념
  - FND 선택
    - 요구사항 : 4중 FND, CC 타입, 적은 전류, 작은 크기, 가격 저렴
    - 선택 FND : WCN4-0036SR4-C11
      - Segment 당 전압은? ( )V, 전류는? ( )mA

www.ic114.co.kr



FND

FND (WCN4-0036SR4-C11)

ELECTRICAL/OPTICAL CHARACTERISTICS AT T_a=25°C

WCN1-0036SR-A11U/C11U;WCN2-0036SR-A11/C11;WCN3-0036SR-A11/C11;WCN4-0036SR-A11/C11

PARAMETER	SYMBOL	MIN.	TYP.	MAX.	UNIT	TEST CONDITION
Luminous Intensity Per Segment	I_V	2.0	3.0	—	mcd	I_F=10mA
Dominant Wavelength	λ_D	—	643	—	nm	I_F=20mA
Peak Emission Wavelength	λ_P	—	660	—	nm	I_F=20mA
Spectral Line Half-Width	$\Delta\lambda$	—	20	—	nm	I_F=20mA
Forward Voltage Per Segment	V_F	—	1.8	2.0	V	I_F=20mA
Reverse Current Per Segment	I_R	—	—	100	μA	V_R=5V
Luminous Intensity Matching Ratio (Segment To Segment)	I_{V-m}			2:1		I_F=10mA

FND

- FND (WCN4-0036SR4-C11)

ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS AT T_a=25°C

PARAMETER	SH.RED	ORANGE	Yellow GREEN	UNIT
Power Dissipation Per Segment	50	65	65	mW
Peak Forward Current Per Segment (1/10duty cycle 0.1ms pulse width)	100	100	100	mA
Continuous Forward Current Per Segment	25	25	25	mA
Derating Linear From 25°C Per Segment	0.30	0.20	0.33	mA/°C
Reverse Voltage Per Segment	5	5	5	V
Operating Temperature Range	-35°C to + 85°C			
Storage Temperature Range	-35°C to + 85°C			
Solder Temperature 1/16 inch below seating plane for 3 seconds at 260°C				

JKIT-128-1에서의 FND 연결 설계

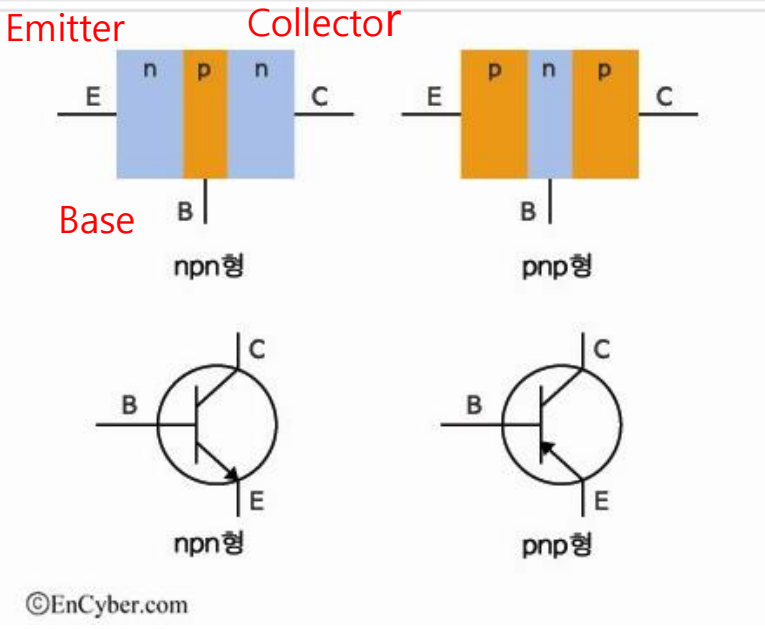
- JKIT-128-1에서의 FND 연결 설계 개념
  - FND의 데이터(8비트)는 동일한 입출력포트 B(PC)에 할당 (dp-a-b-c-d-e-f-g 순으로 8 비트 할당)
  - FND의 선택신호(4비트)는 동일한 입출력포트 G(PG)에 할당 (왼쪽부터 PG3-0의 순으로 4비트 할당)
  - COM 신호의 경우 8개의 segment를 동시에 드라이브하면 25mA x 8 = 200mA의 전류를 처리할 수 있어야 하는데, ATmega128 입출력포트의 최대 능력 100mA를 초과하게 되므로 트랜지스터를 사용하여 전류량을 조절하여야 함. 즉, COM 신호 4개(PG3 ~ PG0)는 이용하여 구동
  - 트랜지스터(Transistor) 선택 : PMBT2222 선택
  - 시리얼 저항값 계산

    R = (5V – 1.8V – 0.2V) / (12) mA = 250 Ω

JKIT-128-1에서의 FND 연결 설계

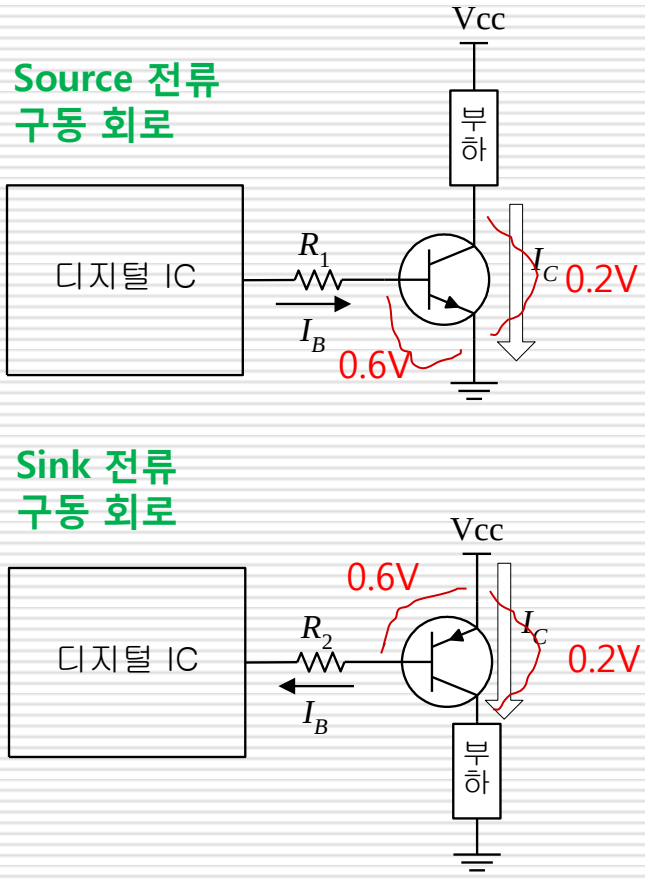
TR(Transistor)이란?

- 규소나 게르마늄으로 만들어진 반도체를 세 겹으로 접합하여 만든 전자회로 구성요소이며 전류나 전압흐름을 조절하여 **증폭**, 스위치 역할을 하는 전자부품
- 대부분의 전자회로에 사용되며 이를 고밀도로 집적하여 IC를 제작
- BJT(Bipolar Juction Transistor)와 FET(Field Effect Transistor)로 구분하는데 보통은 BJT를 의미함
- BJT는 다시 NPN형과 PNP형으로 구분되며 NPN은 Source 회로에, PNP는 Sink 회로에 사용



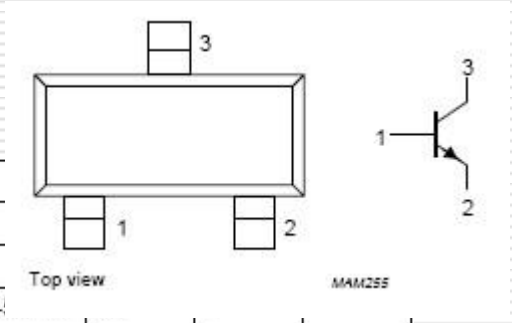
JKIT-128-1에서의 FND 연결 설계

- TR(Transistor)을 이용한 부하 구동 회로
  - FND나 모터 등의 부하 구동은 전류 소모가 많기 때문에 일반적인 TTL의 출력만으로 직접 구동하기 어려움
  - 이런 경우 작은 전류로 큰 전류를 제어할 수 있는 TR을 오른쪽과 같이 연결하여 이용하면 이를 해결할 수 있음
  - Source 전류 구동 회로를 예로 들면, 입출력신호를 B(Base)에 연결하고 부하에 연결할 신호를 C(Collecter)에 연결
  - R1, R2는 보통 약 1K~10K 정도



JKIT-128-1에서의 FND 연결 설계

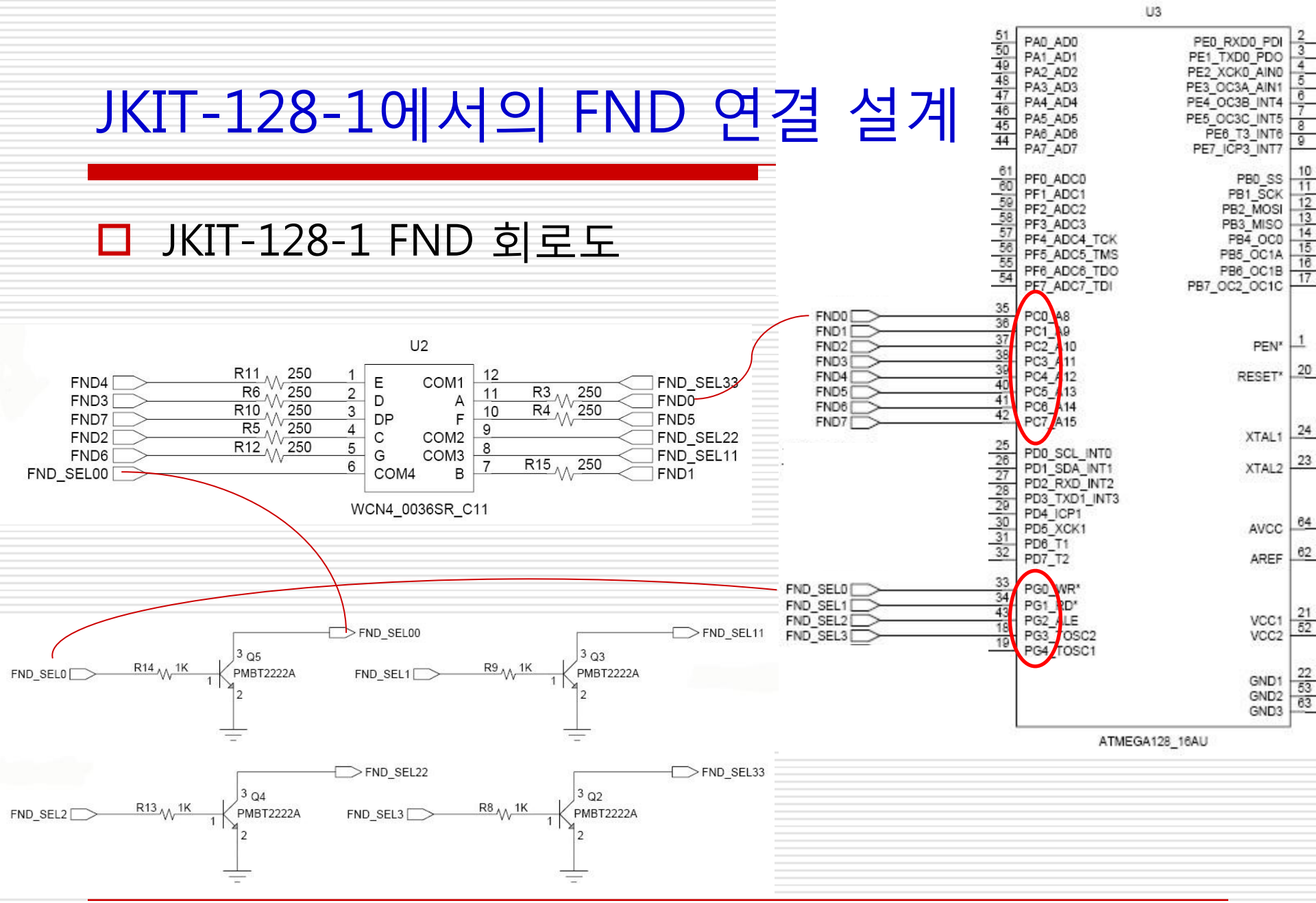
- PMBT2222



h_{FE}	DC current gain	I_C = 0.1 mA; V_{CE} = 10 V			
		I_C = 1 mA; V_{CE} = 10 V			
		I_C = 10 mA; V_{CE} = 10 V			
		I_C = 10 mA; V_{CE} = 10 V; T_{amb} = –			
		I_C = 150 mA; V_{CE} = 10 V	100	300	
		I_C = 150 mA; V_{CE} = 1 V	50	–	
	DC current gain	I_C = 500 mA; V_{CE} = 10 V			
	PMBT2222		30	–	
	PMBT2222A		40	–	
V_{CEsat}	collector-emitter saturation voltage	I_C = 150 mA; I_B = 15 mA; note 1			
	PMBT2222		–	400	mV
	PMBT2222A		–	300	mV
	collector-emitter saturation voltage	I_C = 500 mA; I_B = 50 mA; note 1			
	PMBT2222		–	1.6	V
	PMBT2222A		–	1	V
V_{BEsat}	base-emitter saturation voltage	I_C = 150 mA; I_B = 15 mA; note 1			
	PMBT2222		–	1.3	V
	PMBT2222A		0.6	1.2	V
	base-emitter saturation voltage	I_C = 500 mA; I_B = 50 mA; note 1			
	PMBT2222		–	2.6	V
	PMBT2222A		–	2	V

JKIT-128-1에서의 FND 연결 설계

- JKIT-128-1 FND 회로도



실습 FND-1 : GPIO로 FND 1개 표시하기

- 실습 내용
  1. FND의 맨 오른쪽 digit에 '0' 표시하기
  2. FND의 맨 왼쪽 digit에 '7.' 표시하기 (각자 해보기)
  3. FND의 맨 오른쪽에 digit에 '0' ~ '9'를 1초 간격으로 연속하여 표시하기
  4. FND의 맨 오른쪽에서 부터 왼쪽으로 1회에 1 digit 씩 이동하면서 '0' ~ '9'를 연속하여 표시하기 (과제)

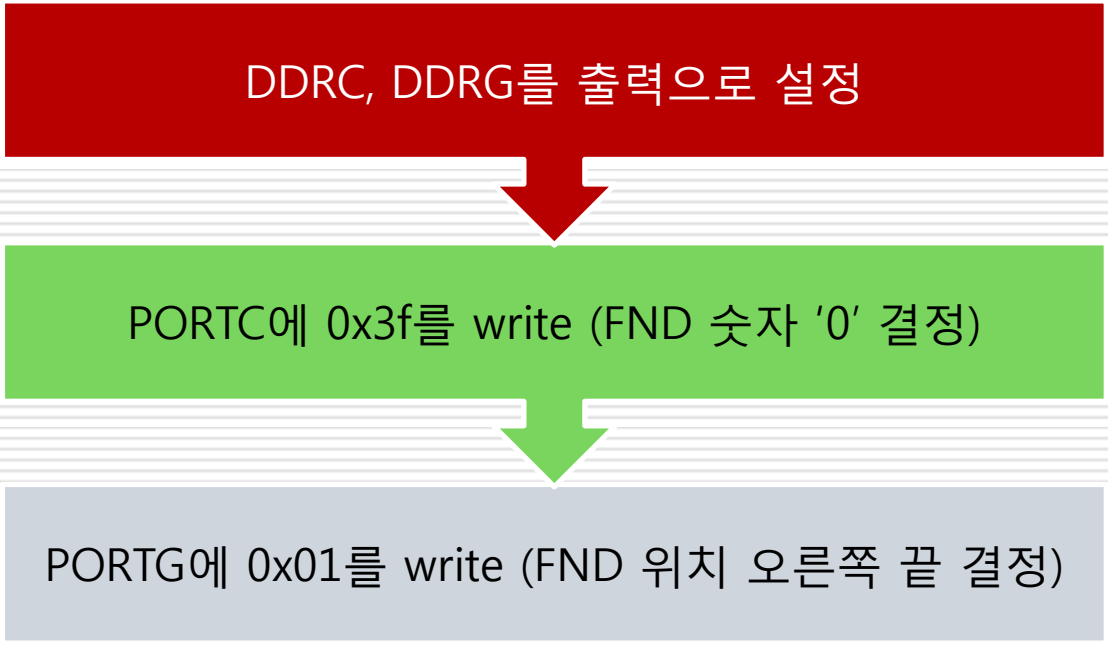
실습 FND-1 : GPIO로 FND 1개 표시하기

- 구동 프로그램 설계 : '0' Display (fnd_1_1.c)
  - 숫자 '0'을 표시하기 위하여는 Port C에 '0'에 해당되는 값 '0x3f'를 보내면 됨
  - 맨 오른쪽 digit를 선택하려면 Port G에 '0x01'을 보내면 됨

    (**주의 : Port G는 PG3 ~ PG0 의 4개 신호 중 '1'이 되는 신호가 선택됨. 왜냐하면 선택 신호 '1'이면 트랜지스터를 거치면서 반전되어 신호가 '0'이 되면서 선택이 이루어짐**)

실습 FND-1 : GPIO로 FND 1개 표시하기

- 구동 프로그램 설계 : '0' Display (fnd_1_1.c)



실습 FND-1 : GPIO로 FND 1개 표시하기

- 구동 프로그램 코딩 : '0' Display (fnd_1_1.c)

```
#include <avr/io.h>                    // ATmega128 register 정의

void main()
{
        DDRC = 0xff;                   // C 포트는 모두 출력
        DDRG = 0x0f;                   // G 포트도 4개는 출력
        PORTC = 0x3f;                  // '0' 표현
        PORTG = 0x01;                  // 가장 우측의 digit 선택
}
```

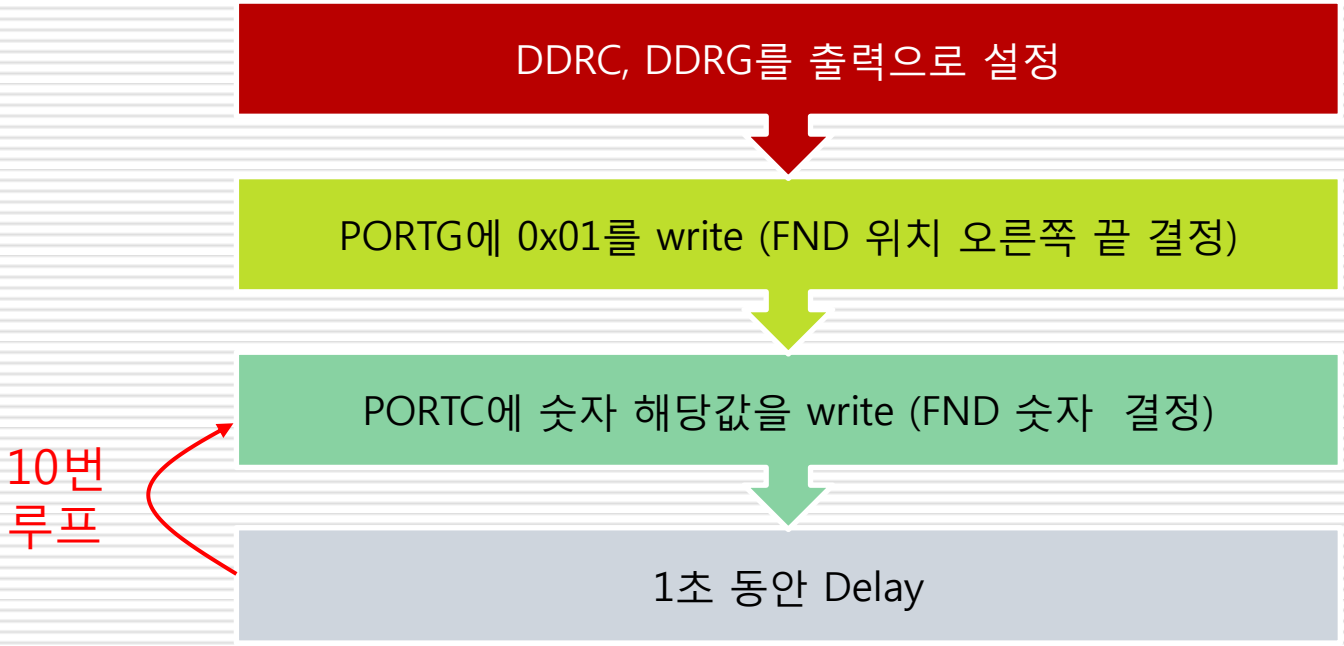
더 해보기 : FND의 맨 왼쪽 digit에 '7.' 표시하기

실습 FND-1 : GPIO로 FND 1개 표시하기

- 구동 프로그램 설계 : '0'~'9' Display (fnd_1_2.c)
  - 숫자 '0'~'9'를 표시하기 위하여는 Port C에 '0'~'9'에 해당되는 값 '0x3f'~'0x67'를 1초마다 하나씩 보내면 됨
  - 계속 같은 동작이 반복되므로 숫자 데이터 값을 배열(array)에 미리 저장해 놓았다가 Loop를 돌면서 배열을 하나씩 순서대로 꺼내서 Port C 로 출력
  - 맨 오른쪽 digit를 선택하려면 Port G에 '0x01'을 보내면 됨

실습 FND-1 : GPIO로 FND 1개 표시하기

- 구동 프로그램 설계 : '0'~'9' Display (fnd_1_2.c)



실습 FND-1 : GPIO로 FND 1개 표시하기

- 구동 프로그램 코딩 : '0'~'9' Display (fnd_1_2.c)

```
#include <avr/io.h>
#define F_CPU 16000000UL
#include <util/delay.h>
unsigned char digit[10] = {0x3f, 0x06, 0x5b, 0x4f, 0x66, 0x6d, 0x7c, 0x07, 0x7f, 0x67};
int main()
{
    int i=0;
    DDRC = 0xff;
    DDRG = 0x0f;
    PORTG = 0x01;
    for (i=0; i<10; i++)
    {
        PORTC = digit[i];
        // 숫자 '0'-'9'를 차례로 출력
        _delay_ms(1000);
    }
}
```

더 해보기 : 무한히 반복하도록 수정

실습 FND-2 : GPIO로 FND 4개 표시하기

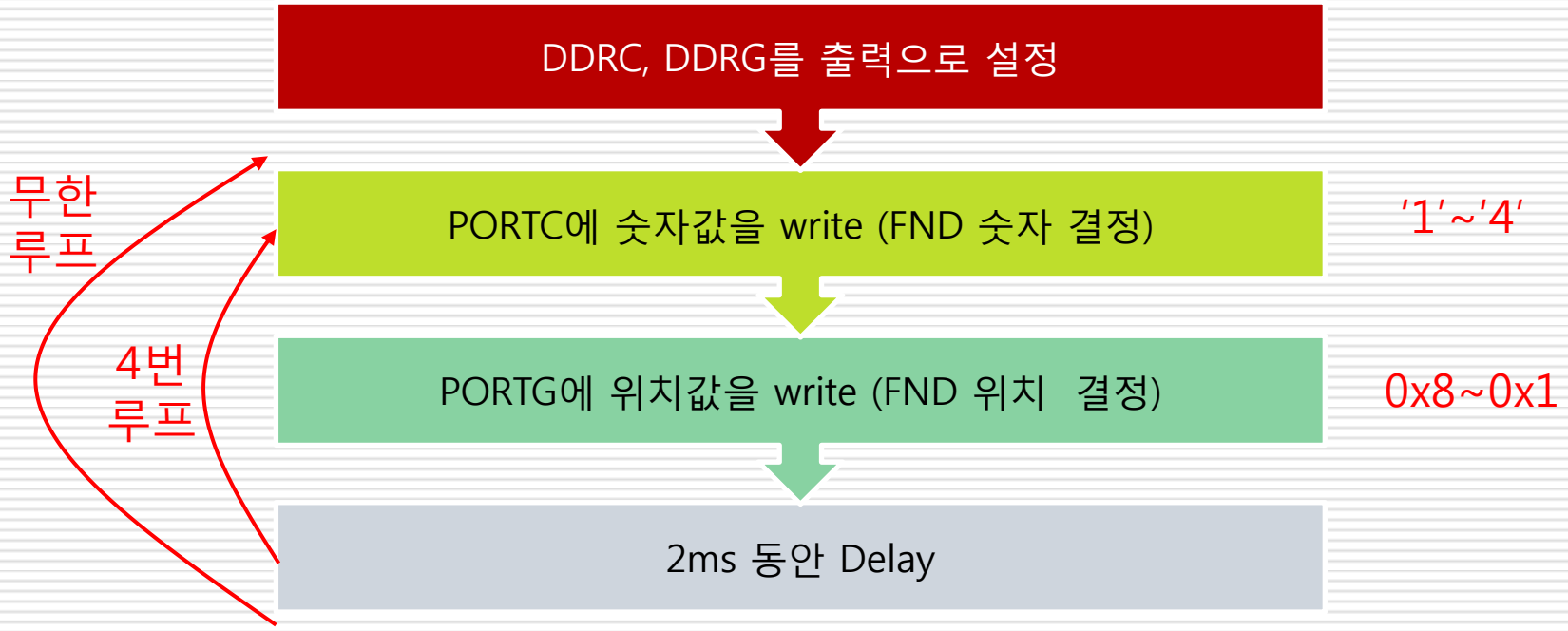
- 실습 내용
  1. **FND에 '1234' 표시하기**
  2. **눈의 잔상효과가 나타나는 최소의 시간 찾기 (각자 해보기)**

실습 FND-2 : GPIO로 FND 4개 표시하기

- 구동 프로그램 설계 : '1234' Display (fnd_2_1.c)
  - 숫자 '1234'가 모두 동시에 보이게 하려면 4개의 digit을 순차적으로 디스플레이 하는 과정을 반복적으로 빠르게 수행하여야 함.
  - 즉 눈의 잔상효과를 얻기 위하여 1번의 Loop를 수행하는 시간은 최대 1/30초(약 33ms)를 넘어서는 안됨 (약 10ms로 처리)
  - '1'~'4'를 표시하기 위하여는 Port C에 '1'~'4'에 해당되는 값을 하나씩 보내면 됨
  - Digit의 위치도 왼쪽부터 한 칸씩 움직이면서 선택하려면 Port G에 '0x08' → '0x04' → '0x02' → '0x01'을 숫자와 짝을 맞추어 하나씩 보내면 됨

실습 FND-2 : GPIO로 FND 4개 표시하기

- 구동 프로그램 설계 : '1234' Display (fnd_2_1.c)



실습 FND-2 : GPIO로 FND 4개 표시하기

- 구동 프로그램 코딩 : '1234' Display (fnd_2_1.c)

```
#include <avr/io.h>
#define F_CPU 16000000UL
#include <util/delay.h>
unsigned char digit[10] = {0x3f, 0x06, 0x5b, 0x4f, 0x66, 0x6d, 0x7c, 0x07, 0x7f, 0x67};
unsigned char fnd_sel[4] = {0x08, 0x04, 0x02, 0x01};
int main()
{
    int i=0;
    DDRC = 0xff;
    DDRG = 0x0f;
    while (1)
    {
        for (i=0; i<4; i++)
        {
            PORTC = digit[i+1];
            // 숫자 '1'-'4'를 출력
            PORTG = fnd_sel[i];
            _delay_ms( );
        }
    }
}
```

더 해보기 : 눈의 잔상효과 시간 찾기

실습 FND-3 : 1/100초 stopwatch 만들기

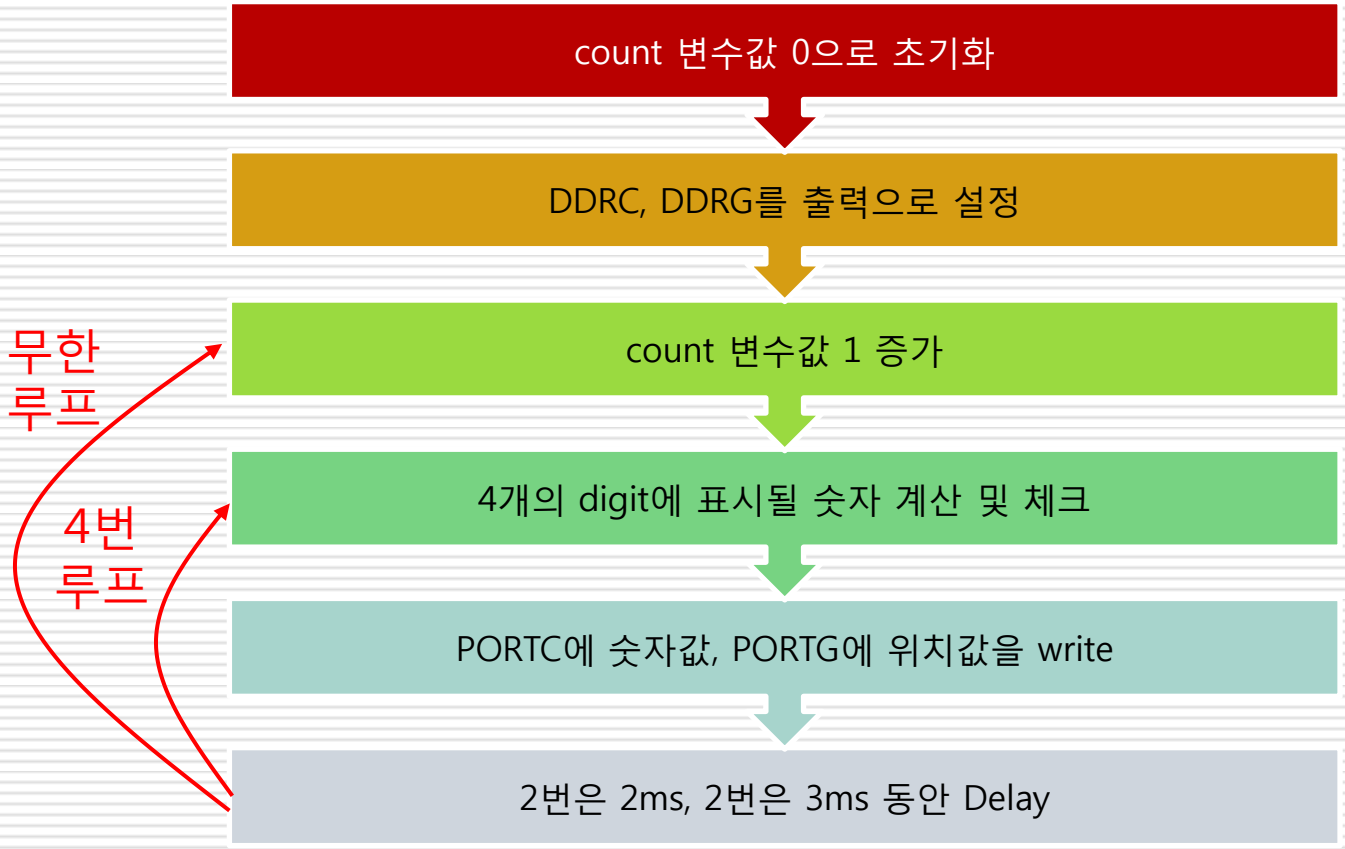
- 실습 내용
  1. **FND로 1/100초 디지털 stopwatch 만들기**
  2. **FND로 24시간 디지털 시계 만들기 (과제)**

실습 FND-3 : 1/100초 stopwatch 만들기

- 구동 프로그램 설계 : 1/100 sec stopwatch (fnd_3_1.c)
  - 디스플레이되는 값은 초기값 '00.00'에서 시작하여 1/100초 마다 1씩 증가하는 10진 카운터처럼 동작
  - 99.99 이후는 00.00에서 다시 시작하도록 설정
  - 초기값이 0인 count 변수를 설정한 후, count를 1/100초 마다 1씩 증가시킨 후 다음을 계산하고, 이 수를 디스플레이
    - FND 첫째자리 : (count/1000)
    - FND 둘째자리 : (count/100)
    - FND 셋째자리 : (count/10)
    - FND 넷째자리 : (count%10)
  - **주의** : 1/100초는 10ms인데, 4개 digit를 디스플레이하는 시간도 필요하므로 이 시간의 총합을 10ms가 되도록 설정하면 프로그램이 간단해 짐

실습 FND-3 : 1/100초 stopwatch 만들기

- 구동 프로그램 설계 : 1/100 sec stopwatch (fnd_3_1.c)



실습 FND-3 : 1/100초 stopwatch 만들기

- 구동 프로그램 코딩 : 1/100 sec stopwatch (fnd_3_1.c)

```
#include <avr/io.h>
#define F_CPU 16000000UL
#include <util/delay.h>
unsigned char digit[10] = {0x3f, 0x06, 0x5b, 0x4f, 0x66, 0x6d, 0x7c, 0x07, 0x7f, 0x67};
unsigned char fnd_sel[4] = {0x08, 0x04, 0x02, 0x01};
unsigned char fnd[4];
int main()
{
    int i=0, count=0;
    DDRC = 0xff;
    DDRG = 0x0f;
    while (1)
    {       count++;
            if (count == 10000)
                count = 0;
            fnd[3] = (count/1000)%10;
            fnd[2] = (count/100)%10;
            fnd[1] = (count/10)%10;
            fnd[0] = count%10;
            for (i=0; i<4; i++)
            {   PORTC = digit[fnd[i]];
                PORTG = fnd_sel[i];
                _delay_ms(2);  }
    }
}
```

실습 FND-4 : 전화번호표시기 만들기

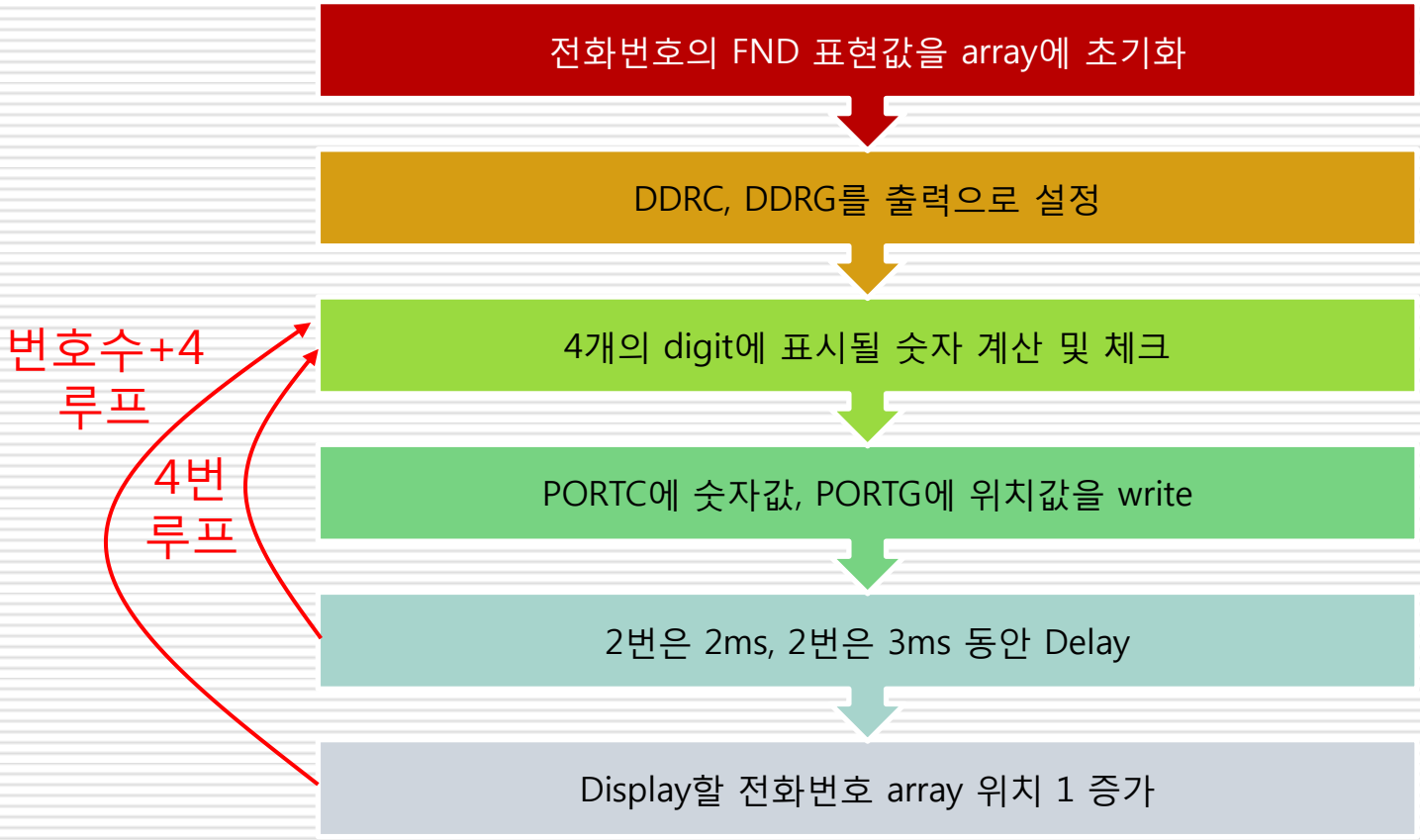
- 실습 내용
  1. **FND로 자동차주차용 전화번호표시기 만들기**

실습 FND-4 : 전화번호표시기 만들기

- 구동 프로그램 설계 : Tel. Num. Displayer (fnd_4_1.c)
  - 4개의 digit에 표시할 내용(전화번호)을 먼저 결정
    (예 : 010-4016-1081) : array로 표시
  - 4개의 digit로 전화번호를 모두 표현할 수는 없으므로, 전화번호가 오른쪽에서 왼쪽으로 1초마다 왼쪽으로 물 흐르듯이 이동하면서 디스플레이되도록 프로그램함
  - 즉, 0 → 01 → 010 → 010- → 10-4 → 0-40 → -401 → 4016 → 016 → 16 → 1 → 0 형태로 loop 반복
  - 어떤 한 순간에 4개의 digit을 디스플레이하고, 이후 정해진 delay(0.5초) 후 디스플레이할 내용을 한 칸 이동하여 다시 4, 개의 digit를 디스플레이함

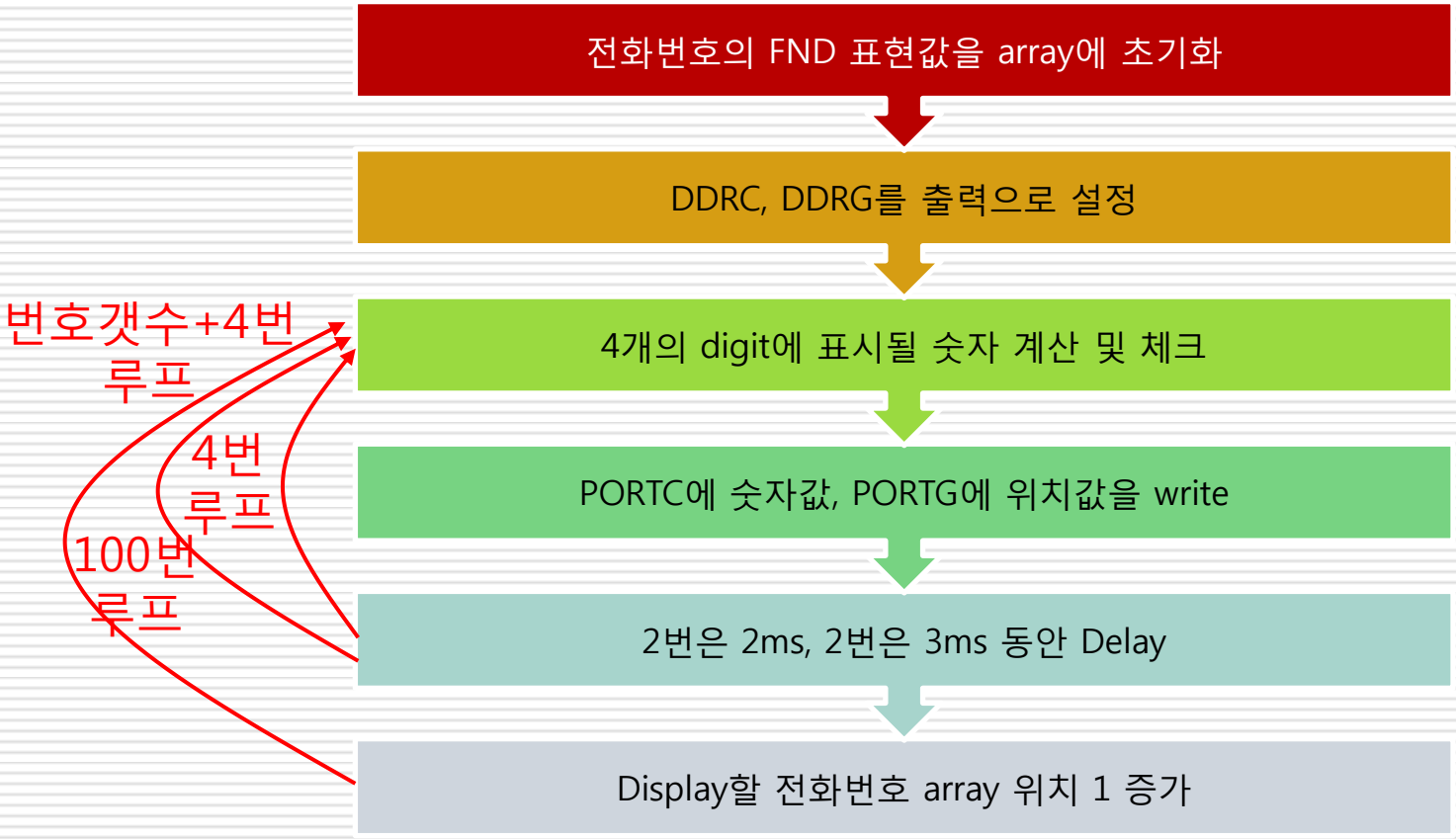
실습 FND-4 : 전화번호표시기 만들기

- 구동 프로그램 설계 : Tel. Num. Displayer (fnd_4_1.c)



실습 FND-4 : 전화번호표시기 만들기

- 구동 프로그램 설계 : Tel. Num. Displayer (fnd_4_1.c)



실습 FND-4 : 전화번호표시기 만들기

- 구동 프로그램 코딩 : Tel. Num. Displayer (fnd_4_1.c)

```
#include <avr/io.h>
#define F_CPU 16000000UL
#include <util/delay.h>
unsigned char digit[21] = {0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x3f, 0x06, 0x3f, 0x40, 0x66, 0x3f, 0x06, 0x7c, 0x40, 0x06, 0x3f, 0x7f, 0x06, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00};
unsigned char fnd_sel[4] = {0x08, 0x04, 0x02, 0x01};
int main()
{
    int i, j, k;
    DDRC = 0xff;
    DDRG = 0x0f;
    while (1)
    {
        for (k=0; k<13+4; k++)
        {
            for (j=0; j<100; j++)
            {
                for (i=0; i<4; i++)
                {  PORTC = digit[i+k];
                   PORTG = fnd_sel[i];
                   _delay_ms(2);   }
            }
        }
    }
}
```

과제

1. FND에 ‘7080’ 표시하기
2. FND로 디지털 시계 만들기
   - 왼쪽 2개는 시간 표시, 오른쪽 2개는 분 표시, 시간과 분 사이에 점도 표시
   - 23시 59분까지 표시되며 이후는 다시 00시 00분부터 시작
3. 2번과 동일하나 1초마다 한번씩 깜빡거리게 하기 (0.5초는 ON, 0.5초는 OFF)

묻고 답하기

Q & A