



센서의 원리 및 응용

센서의 원리와 신호변환

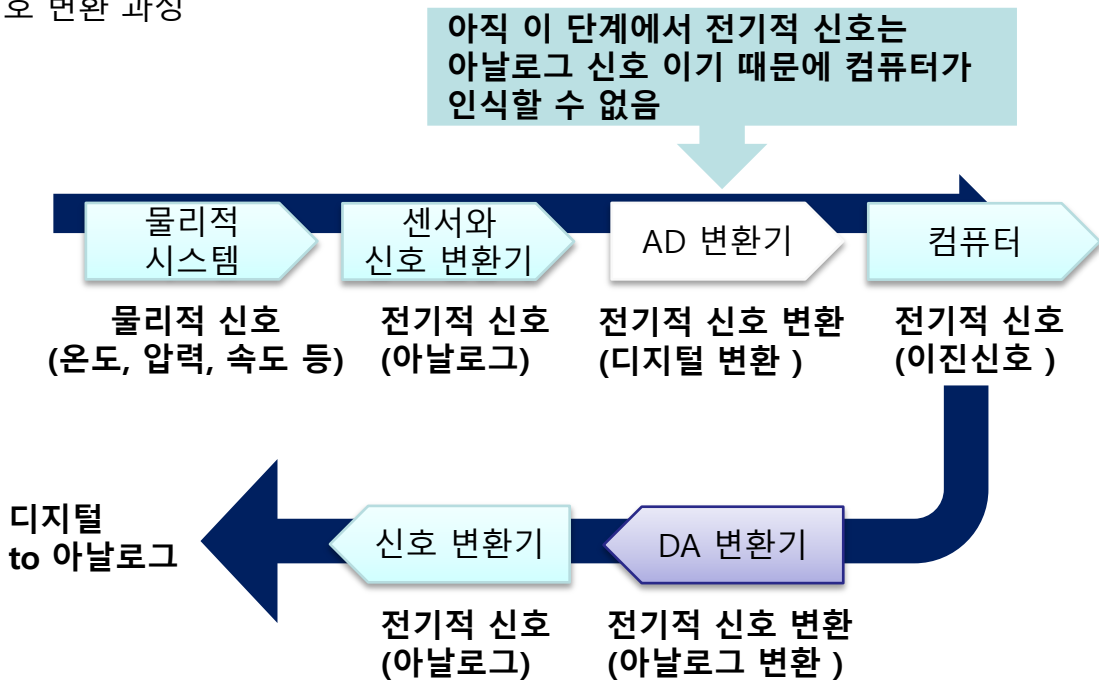


한국기술교육대학교
온라인평생교육원

■ 센서의 신호 변환

1. 센서의 신호 변환

- 센서의 역할 : 기본적으로 빛, 온도, 압력, 속도, 습도 등과 같은 측정대상의 물리적, 화학적, 역학적 특성을 전기신호로 변환하는 역할
- 이 과정에서 아날로그 신호를 디지털 신호로 변환하기도 하고 디지털 신호를 아날로그로 다시 변환하여 활용
- 신호 변환 과정



- 반대로 컴퓨터에서 처리된 이진신호를 DA 변환기를 거쳐 아날로그 신호로 변환하여 활용

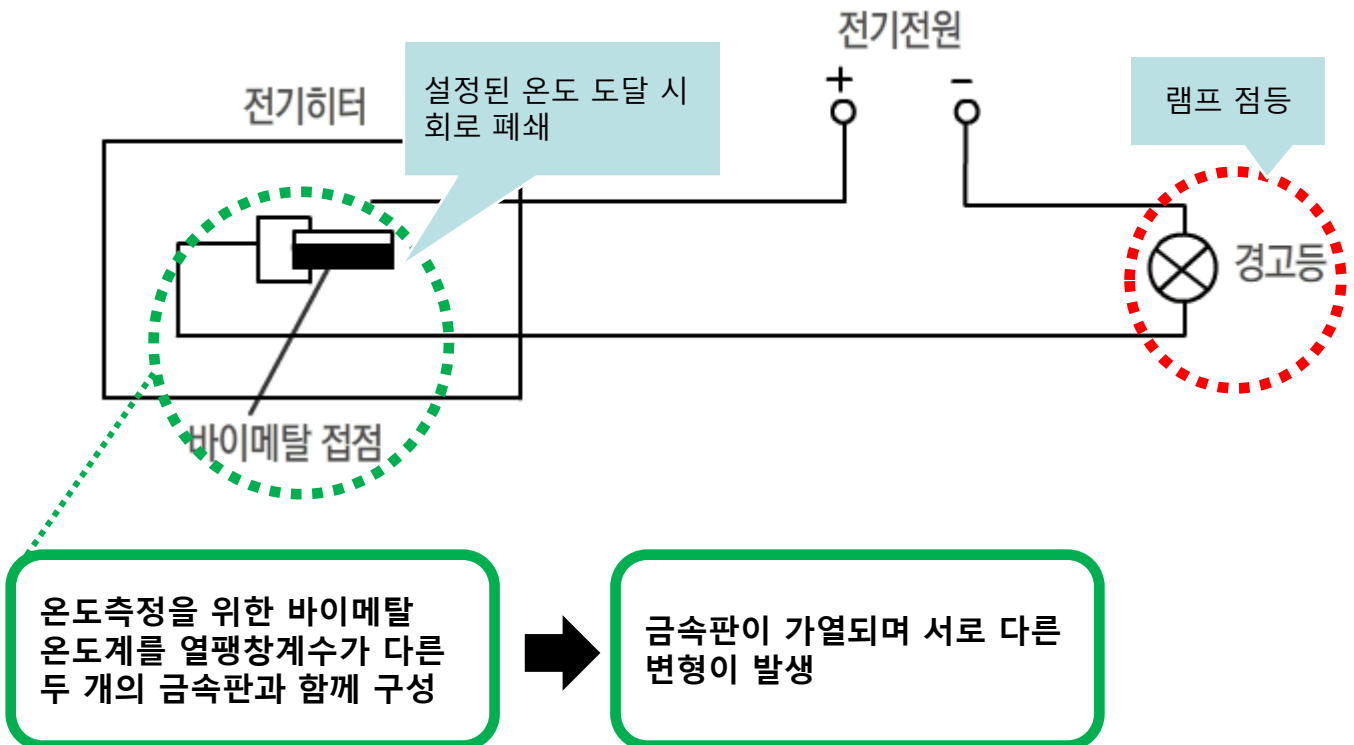
■ 센서의 신호 변환

2. 센서 시스템

- 센서 시스템(Sensor System) : 센서 및 그것과 관련된 신호처리 하드웨어 (Signal Processing Hardware)
- 센서의 구성 : 측정부와 신호처리부
- 측정부 : 센서에 해당되며 신호처리부 또는 제어부는 전기신호를 증폭/변환/연산 등의 처리하여 액추에이터로 보내서 출력하는 역할
 - 트랜스듀서(Transducer) : 에너지 형태를 다른 에너지 형태로 변환하는 소자로 센서의 감지부와 결합해 1차 측정량을 2차 측정량으로 변환
 - 액추에이터 : 센서에서 나와 신호처리/제어부에서 변환된 정보에 의해 동작하며 마이크로 센서와 집적되어 초소형 계측/분석/제어 시스템을 구성

3. 센서의 신호 형태

1) 이진(Binary) 신호

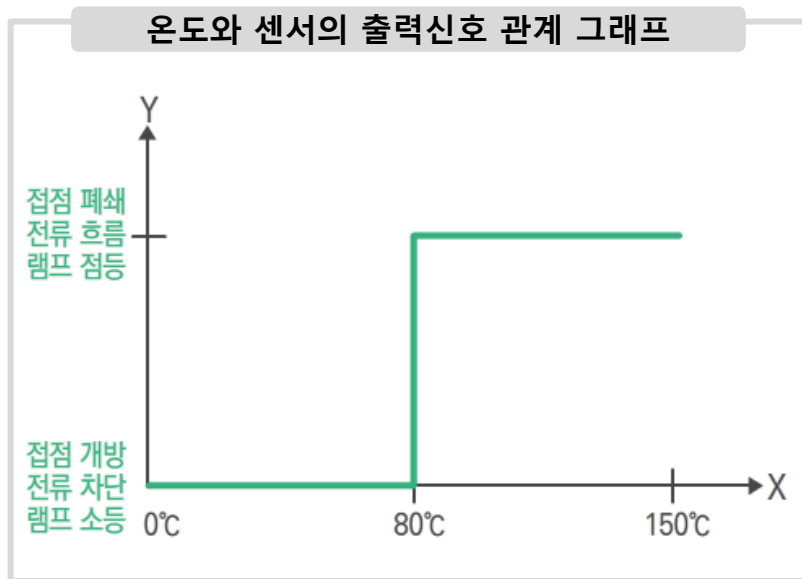


■ 센서의 신호 변환

3. 센서의 신호 형태

1) 이진(Binary) 신호

- 센서의 신호전달 과정 : 전기히터의 온도 변화 → 바이메탈의 기계적 힘 발생 → 경고등 점등(온도 → 빛)



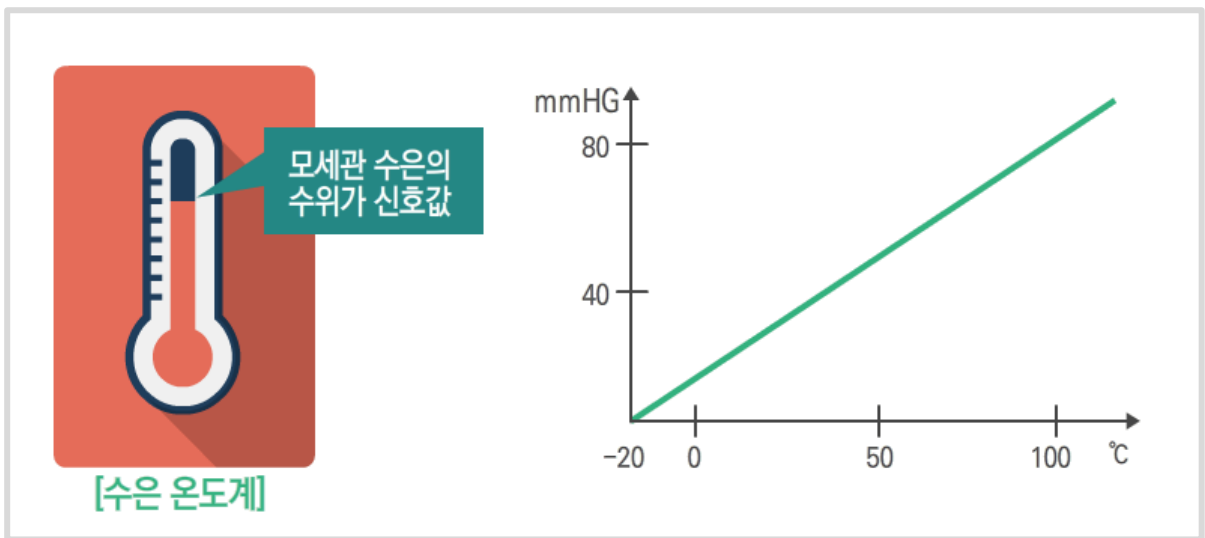
- 신호는 점점 폐쇄 시의 램프가 점등되는 경우와 점점 개방 시 전류가 차단되고 램프가 소등되는 경우 두 가지로 나눔
→ 두 가지의 값으로 가정되는 신호를 '이진(Binary) 신호'라 함
- ON-OFF, 이상-이하와 같은 데이터 혹은 위-아래, 전-후 정보 전달
- 각각의 값은 정수배로 표시

■ 센서의 신호 변환

3. 센서의 신호 형태

2) 아날로그(analogue) 신호

- 센서의 또 다른 형태의 신호 수는 온도계
- 아날로그 신호 : 수은은 열에 의해 팽창되는데 이 때 모세관에 있는 수은의 수위가 신호값이 되고 이 경우 측정값과 신호값의 관계는 일정한 비율에 따라 연속적으로 변화하는 형태를 띠는 것을 아날로그 신호라 함



■ 센서의 신호 변환

4. 센서의 신호 변환과 아날로그 입출력 인터페이스

1) 아날로그

- 우리가 센서를 통해 계측하는 온도, 압력, 유량 등의 신호는 대부분 아날로그 신호
- 제어를 위한 액추에이터의 상당수 역시 아날로그 신호를 통해 동작
- 컴퓨터가 취급할 수 있는 신호는 오로지 디지털 신호 뿐이기 때문에 PC를 이용해 센서로부터 신호를 입력 받거나 액추에이터에 신호 출력 시 아날로그 신호와 디지털 신호를 변환해 중계해 줄 수 있는 기기가 필요
→ 아날로그 입출력 인터페이스 보드

2) 아날로그 입출력 인터페이스 보드

아날로그 입력
(AD 변환)

외부장치인 아날로그 신호를 디지털 신호로 변환하여
컴퓨터에 입력

아날로그 출력
(DA 변환)

컴퓨터 디지털 신호를 아날로그 신호로 변환하여 외부장치에 출력

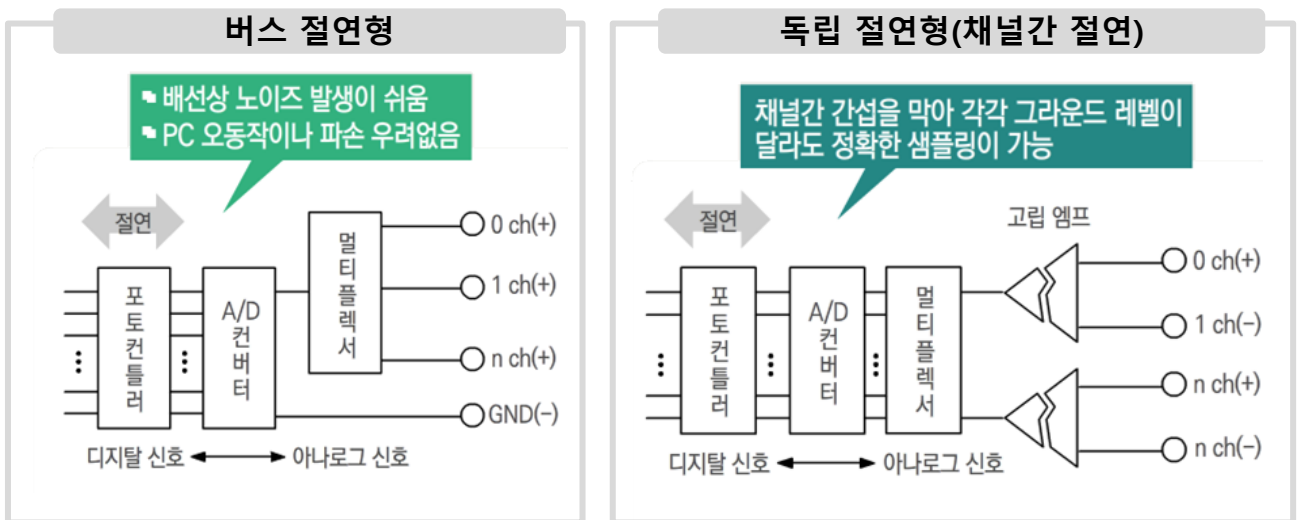
아날로그 입출력
(AD, DA 변환)

AD 변환과 DA 변환의 기능

■ 센서의 신호 변환

5. 아날로그 입출력장치의 종류

- 아날로그 입출력 장치는 절연소자 유무에 따라 절연형과 비절연형으로 분류
- 일반적으로 많이 쓰는 타입은 절연형이며 버스 절연형과 독립 절연형 두 가지 타입
- 버스 절연형
 - 포토커플러에 의해서 PC와의 입출력회로를 절연하는 타입
 - 전기적 침입을 막을 수 있기 때문에 배선상에 노이즈가 발생하기 쉬움
→ PC의 오동작이나 파손 우려 없이 안심하고 사용
- 독립 절연형
 - 포토커플러나 고립앰프에 의해서 각 입출력 채널간의 절연을 하는 방식
 - 각 채널간의 간섭을 막을 수 있어 채널에 접속하는 기기가 각각 그라운드 레벨이 다른 경우에도 정확한 샘플링이 가능



※ 더 알아보기

- Photo coupler
 - 발광 다이오드와 포토 트랜지스터를 1대상으로 한 소자
 - 발광 다이오드는 전류(10mA)가 흐르면 빛을 냄
 - 이 빛을 포토 트랜지스터가 수광하면, 포토트랜지스터가 ON되어서 전류가 흐르고 이 광신호의 부분에서 외부와 전기적으로 절연됨



센서의 원리 및 응용

센서의 원리와 신호변환



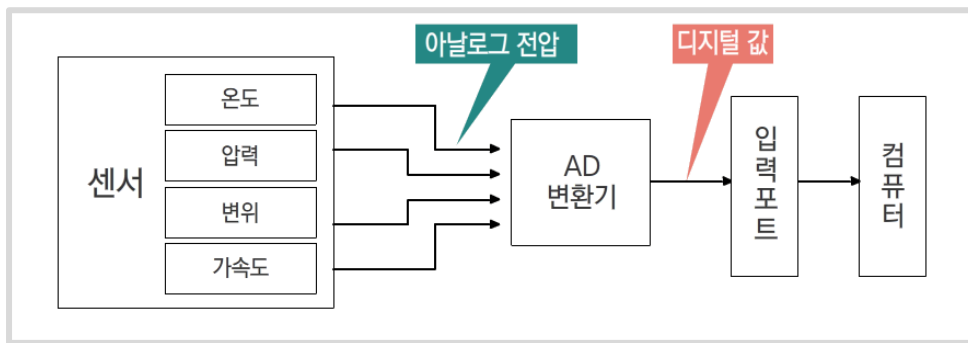
한국기술교육대학교
온라인평생교육원

■ AD 변환기

1. AD 변환기의 개요

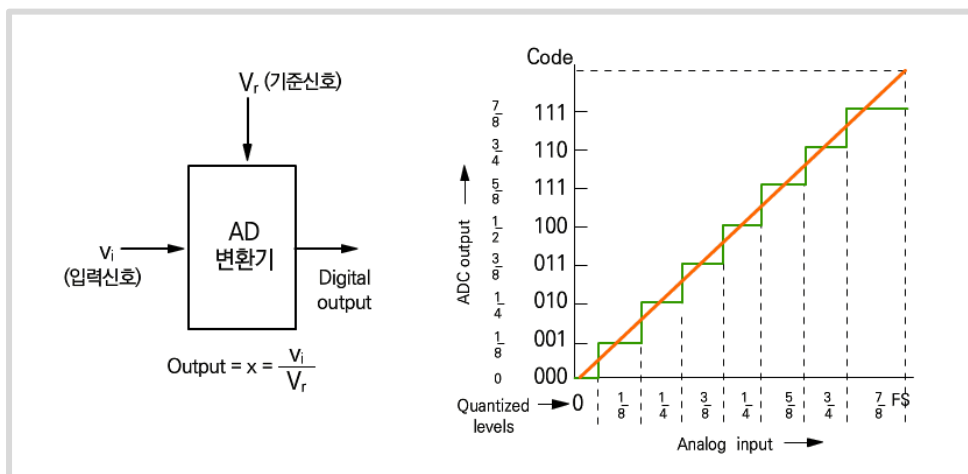
1) AD 변환기(Analog to Digital Converter)

- 센서가 측정하여 변환한 아날로그 전기량을 디지털 전기신호로 변환하는 기기 또는 소자를 의미
- 센서가 온도, 압력, 변위, 가속도 등의 정보를 아날로그 전압으로 변환하여 전달 → 이를 디지털 값으로 변환 → 컴퓨터가 인식하도록 전달하는 역할



2) 아날로그 신호의 디지털 변환 원리

- 아날로그 신호를 디지털 신호로 변환하기 위해서는 우선 입력된 전기신호를 기준신호로 나누어 디지털 출력값으로 변환
- 변환된 디지털 신호는 연속적인 직선 값인 아날로그 신호와 달리 3비트 2진코드로 변환됨



■ AD 변환기

2. AD 변환기의 종류

1) 양자화 방식에 따른 분류

적분형

- 아날로그 전압을 시간 또는 주파수로 변환하여 카운터로 계수한 뒤 디지털 값으로 변환
- 장점 : 값이 싸고 잡음에 둔감
- 단점 : 변환 속도가 느림

미분형

- 기준 전압을 바꾸어가며 아날로그 전압과 크기를 비교해 디지털 값으로 변환
- 장점 : 변환시간이 일정하고 고속, 고분해능
- 측차비교형은 병렬비교형보다 속도가 좋고 회로가 간단

※ 더 알아보기

AD변환방식	적분형	비교형		
		추종비교(계수)형	측차비교형	병렬비교형
변환시간	1[ms]~200[ms]	0.4[μs]~200[ms]	0.4[μs]~200[ms]	수 [ns]~300[ms]
변환속도	저속	저속	중속	고속
용도	계측기 (비교적 낮은 주파수를 측정하는 주파수 카운터, 디지털 전압계)	계측기 (디지털 전압계)	계측기 (주파수 카운터) 센서 입력용 음성신호의 통신 기록	화상신호처리 고속통신 의료용

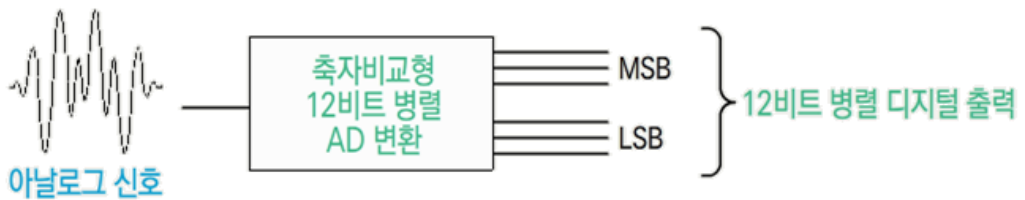
■ AD 변환기

2. AD 변환기의 종류

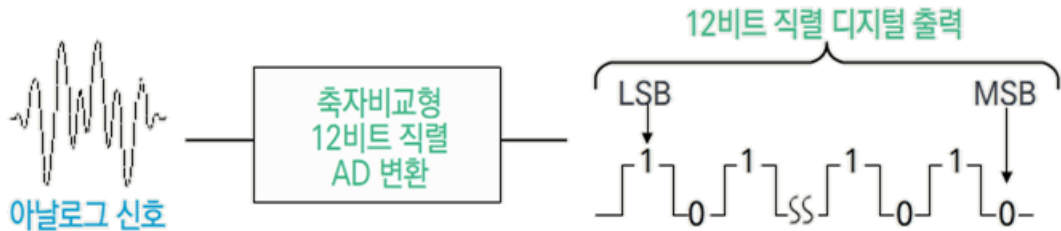
2) 디지털 출력방식에 따른 분류

- 같은 변환 방식과 같은 비트수를 가진 AD 변환기라도 디지털로 변환된 값을 출력 방식에 따라 직렬형과 병렬형으로 구분함

예1) 12비트의 디지털 출력이 병렬형인 예



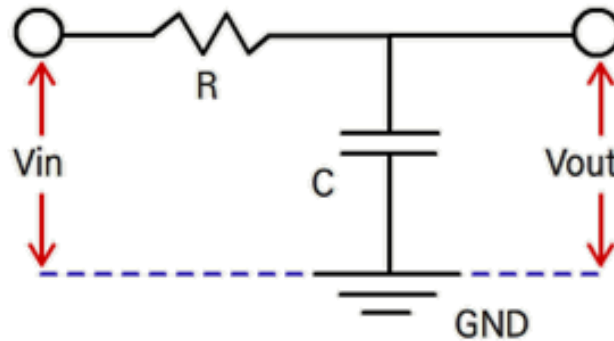
예1) 12비트의 디지털 출력이 직렬형인 예



■ AD 변환기

2. AD 변환기의 종류

3) 적분형 AD 변환기



- 적분형 회로에 +입력 신호가 들어와서 입력측에서 전자를 당기는 힘이 증가하면 저항을 통해서 전자가 흐르면서 콘덴서의 한쪽 전극쪽에서 전자를 빼앗김
- 전자를 채우거나 빼앗길 수 있는 능력은 콘덴서의 용량값에 따른 것이므로, 콘덴서 용량이 큰 것일 수록 더 많은 전자를 제공
 - 콘덴서의 양단에 걸리는 전압이 출력전압이 됨
- 전자를 내주는 속도가 일정하다면 콘덴서 양단에 걸리는 전압이 바뀌는 속도는 콘덴서 용량값에 따라 달라짐

예) 1 V 전압을 걸면 전자를 3개 충-방전 할 수 있는 콘덴서

- 1V의 전압 신호가 걸리려면 콘덴서 내부 한쪽 전극은 전자 3개를 내주고 다른 쪽 전극은 전자 3개를 가지고 있게 됨
- 0V 상태에서 외부에 1초에 전자를 하나씩 당기는 경우 콘덴서 양단에 1V가 걸릴 때까지 3초가 걸림

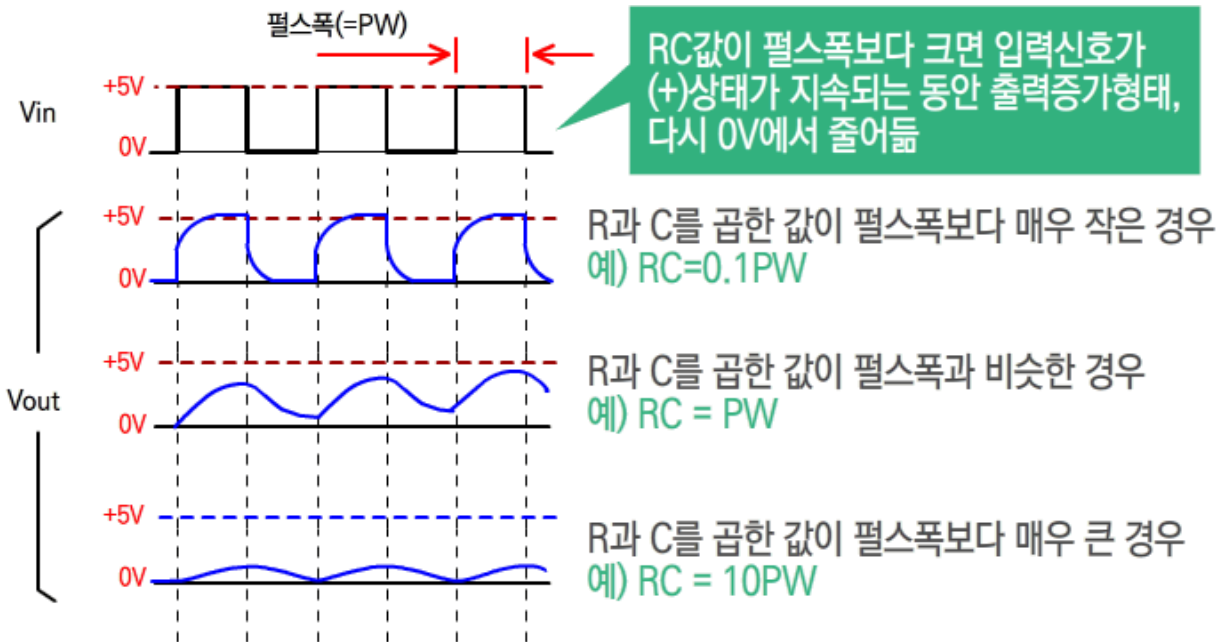
**입력 신호가 일정하면 저항값이 크면 충전속도가 느려지고,
콘덴서 값이 커도 완전 충전되는데 시간이 걸림**

■ AD 변환기

2. AD 변환기의 종류

3) 적분형 AD 변환기

- 적분회로 : 일정한 (+)전압 상태가 지속되는 동안 천천히 증가하는 모양이 마치 수학식의 적분결과를 보는 것과 같기 때문
- 적분회로가 콘덴서 출력시간 때문에 변화가 느린 부분에 대해서는 콘덴서 충전 후에도 신호가 지속되기 때문에 출력 신호에 그 모양이 그대로 나타남
 - 로우패스 필터(low-pass filter) : 주파수가 낮은 신호(느린 신호)는 통과시키고 높은 주파수 차단(낮은 주파수만 걸러냄)



➡ RC 값에 따라 충전과 방전되는 속도가 달라짐

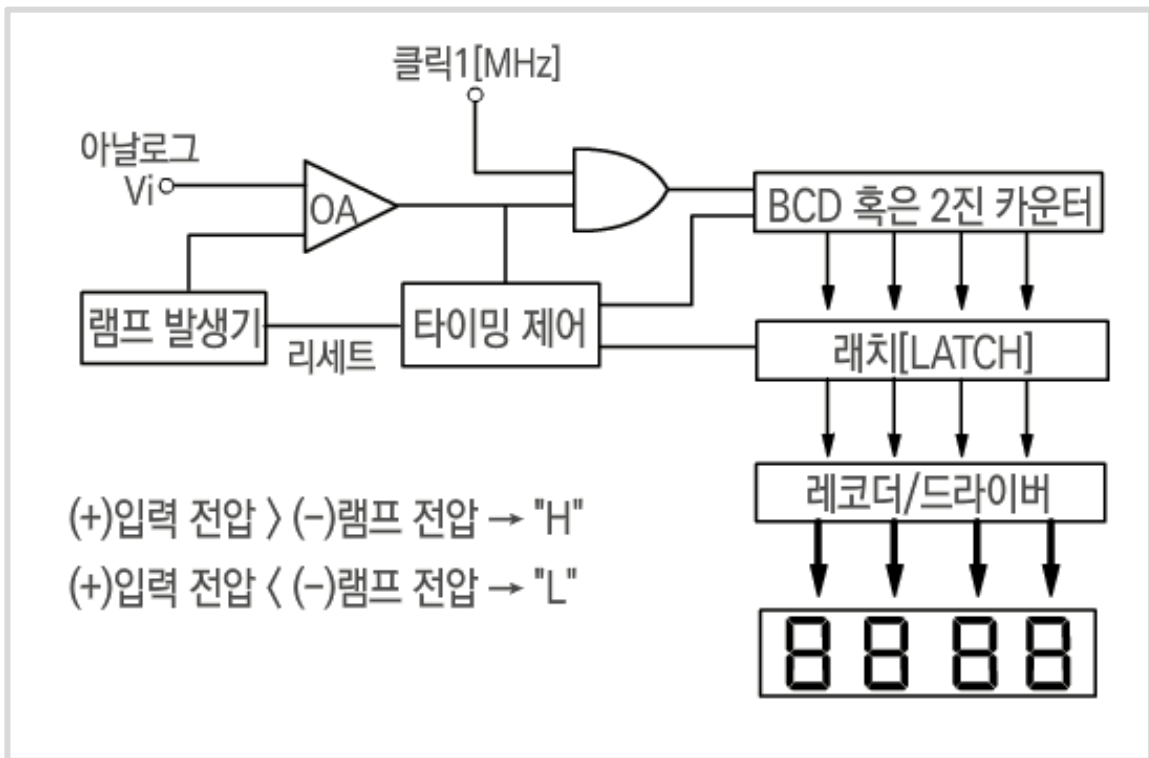
■ AD 변환기

2. AD 변환기의 종류

3) 적분형 AD 변환기

(1) 싱글 슬로우프 AD 변환기

- 변환 사이클이 시작되기 전에 램프와 카운터는 "0"으로 리셋(reset)
- 비교기(comparator)의 (+) 입력에는 아날로그 전압, 마이너스(-) 입력으로는 램프 전압을 인가
- 아날로그 입력전압이 램프전압보다 높으면 비교기의 출력전압은 "H"가 됨



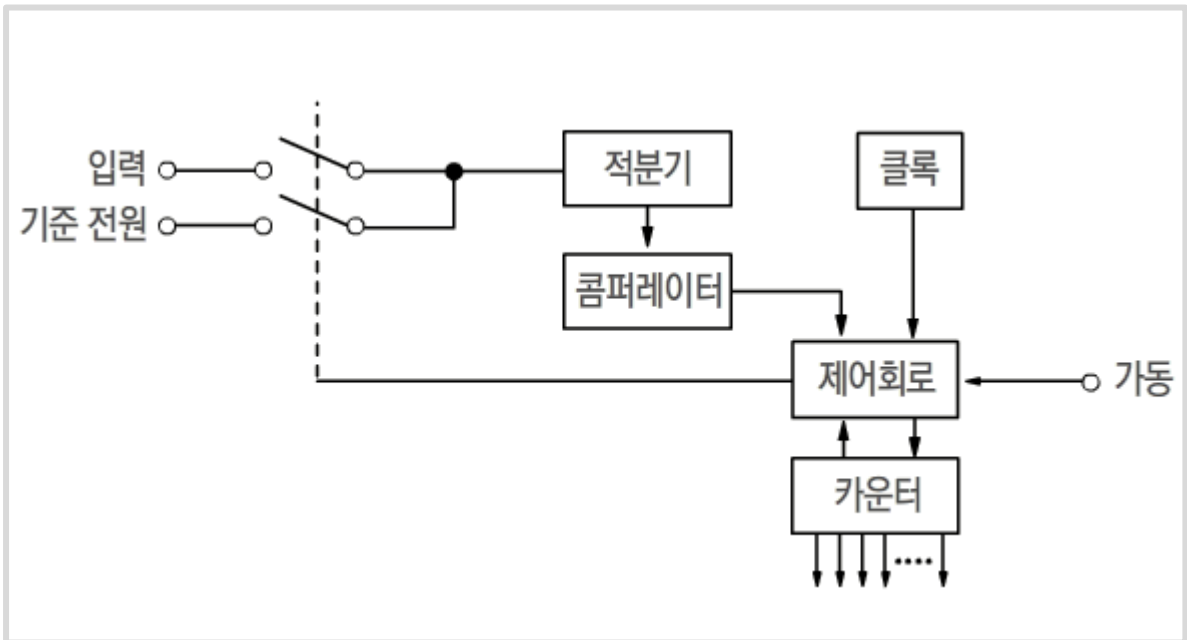
■ AD 변환기

2. AD 변환기의 종류

3) 적분형 AD 변환기

(2) 듀얼 슬로우프 AD 변환기

- 이중 경사 적분법 AD 변환기
- 일정한 시간 동안 아날로그 입력신호를 적분하고 나서 계수기를 리셋한 후에 다시 기준전압을 적분기의 출력이 0이 될 때까지 적분하여 그 시간을 측정하는 방식
- 특징
 - 입력신호 잡음에 대해 안정적 변환 특성
 - 변환 시간이 늦은 것이 단점
 - 디지털 멀티미터(DMM; Digital Multi-Meter)나 디지털 온도계 등 저속 동작 시스템에 많이 사용

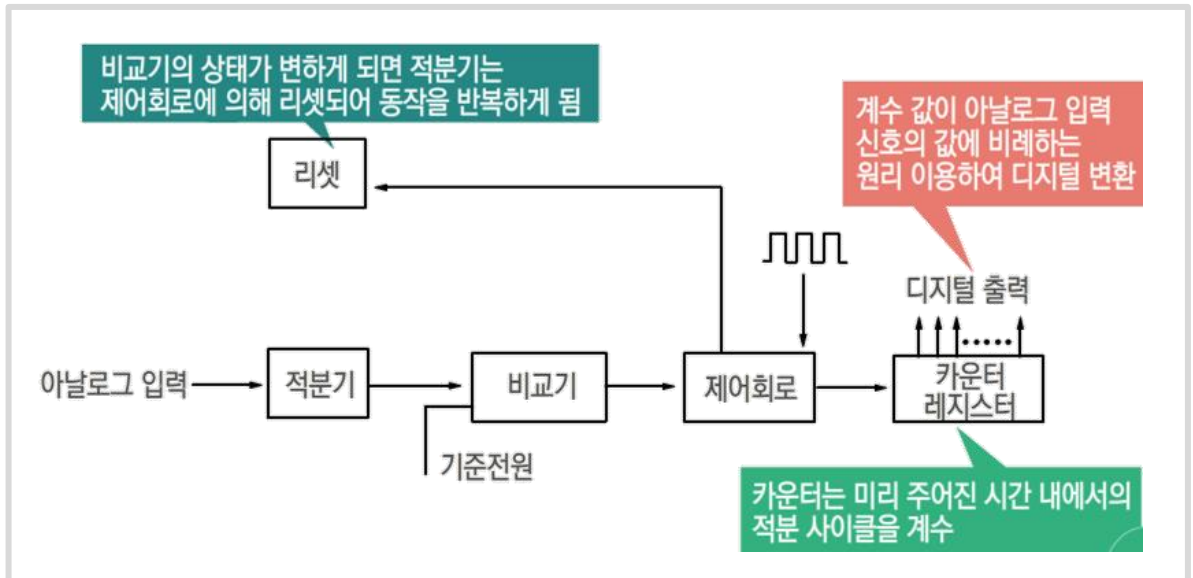


■ AD 변환기

2. AD 변환기의 종류

3) 적분형 AD 변환기

(3) 전압-주파수 AD 변환기



4) 비교형 AD 변환기

- 입력 전압이 V_{ref} 보다 큰가 작은가를 검출하여 출력 전압을 $+V_{cc}$ 혹은 $-V_{ee}$ 로 하는 회로
→ 전압 V_{ref} 를 검출하는 회로를 사용하는 형식의 변환기
- 종류 : 추종비교형(계수형 변환기), 축차비교형 변환기, 병렬비교형 변환기

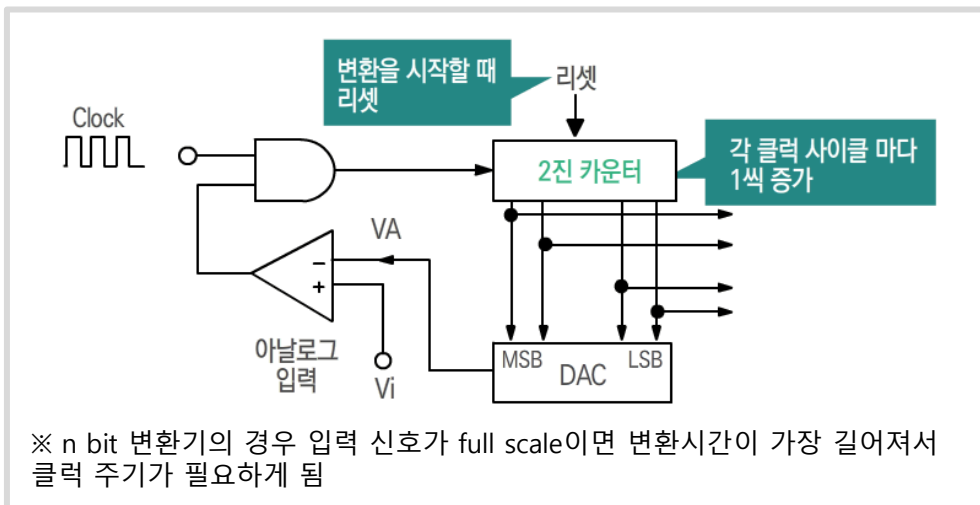
■ AD 변환기

2. AD 변환기의 종류

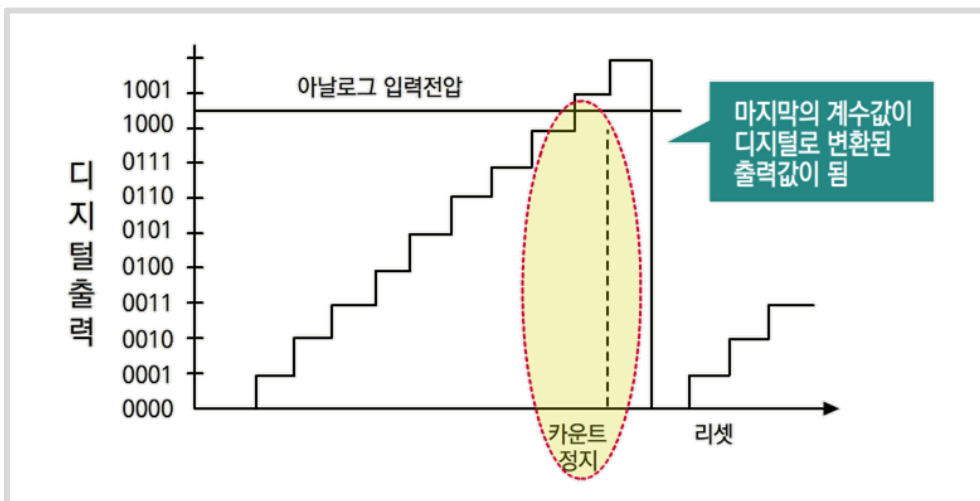
4) 비교형 AD 변환기

(1) 추종비교형(계수) 변환기

- 내부에서 DA 변환기로 발생시킨 전압이 아날로그 입력 전압(V_i)보다 커질 때까지 비교하는 방식
- 변환을 시작할 때 리셋되고 각 클럭 사이클마다 1씩 증가하는 구조
- 단순하지만 변환시간이 길고 입력신호의 크기에 따라 달라짐



- 비교기는 DA 컨버터의 출력이 아날로그 입력 전압을 초과하는 순간 계수기의 동작을 정지시키며, 이 마지막의 계수값이 디지털로 변환된 출력값이 됨



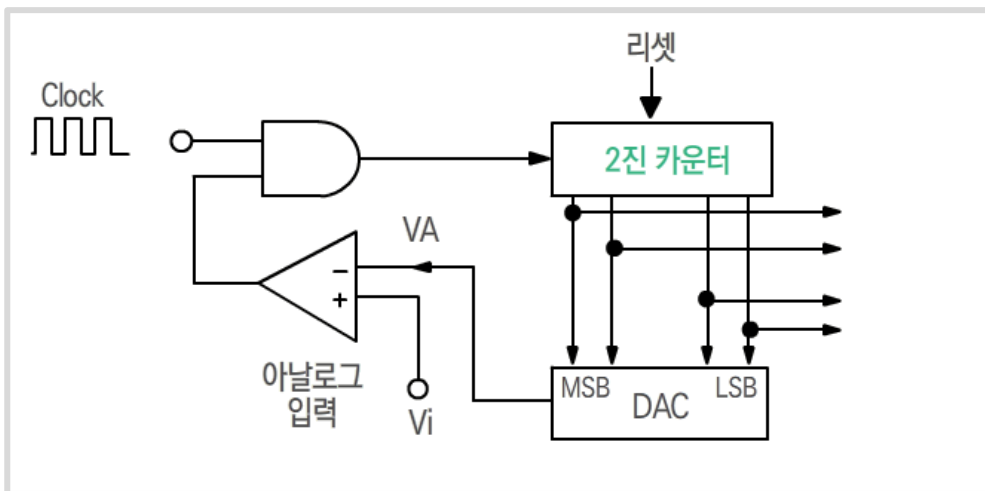
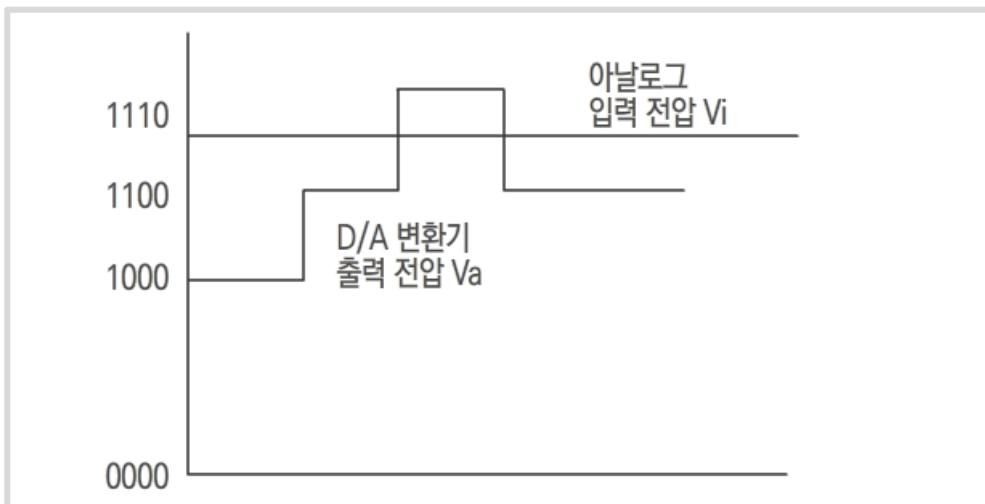
■ AD 변환기

2. AD 변환기의 종류

4) 비교형 AD 변환기

(2) 축자비교형 변환기

- 순차 증가가 아닌 최상위 비트부터 순서대로 하위 비트쪽으로 수정해 가는 방식으로 DAC의 출력을 훨씬 빨리 아날로그 입력 전압에 근사 시킬 수 있는 방식
- 비교적 변환시간이 빠르고 회로도가 간단하여 현재 저가형이면서 분해능이 높은 범용 AD 변환기에 가장 널리 사용



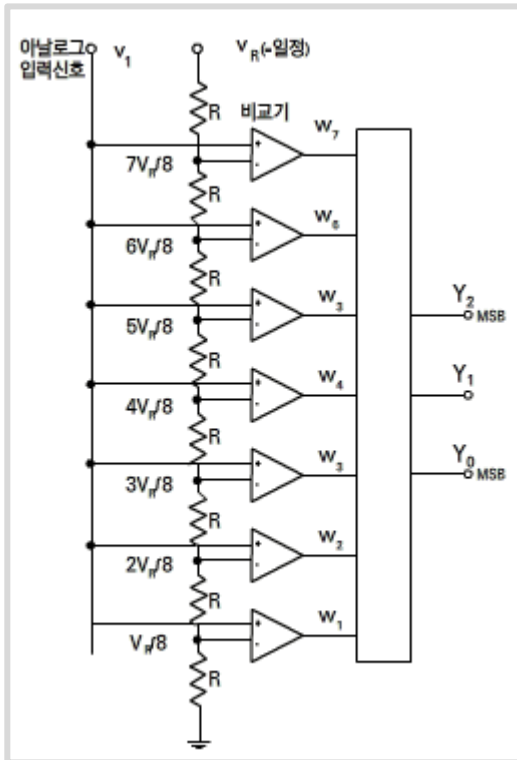
■ AD 변환기

2. AD 변환기의 종류

4) 비교형 AD 변환기

(3) 병렬비교형 변환기

- 아날로그 입력신호를 여러 개의 저항 래더로 분압한 기준전압과 각각의 비교기로 비교



- 한 단계로 비교가 완료되어 매우 빠른 변환 시
- 높은 분해능을 갖게 하려면 정밀저항 회로와 비교기의 수가 많아져 회로가 복잡해지고 가격이 비쌈
- 빠른 처리속도가 요구되는 영상신호 처리, 디지털 메모리 오실로스코프(DSO; Digital Memory Oscilloscope), 레이더 등에 사용

▣ AD 변환기

4. AD 변환기 선정 시 고려사항

정확도, 정밀도 (Accuracy)

- 실제 출력 전압(측정값)과 이론적인 출력 전압(참값) 간의 오차
 - 예 : 이론적인 출력전압이 10[V], 정확도가 $\pm 1\%$ 인 경우의 실제 출력 전압 : 9.9[V] ~ 10.1[V] 사이의 값
- 정밀도 결정 요인
 - 변환기 구성 회로소자의 정밀도
 - 공급전원의 안정도

분해능, 분해도 (Resolution)

- 분해능 : 디지털 입력의 단일 스텝(step)변화에 따라서 아날로그 출력에 나타나는 구별 가능한 최소 변화
- 분해도 : step 크기에 따라 결정
 - $\% \text{분해도} = \frac{1}{2^n} \times 100 [\%]$ (n : 비트수)

변환시간 (Conversion Time)

- AD 변환기 회로에서 아날로그 신호를 등가적인 디지털 카운터로 전환하는데 드는 소요시간
 - 변환시간 = 주기 \times (비트수)
 - 최대변환속도 = $1/\text{최대변환시간}$



센서의 원리 및 응용

센서의 원리와 신호변환



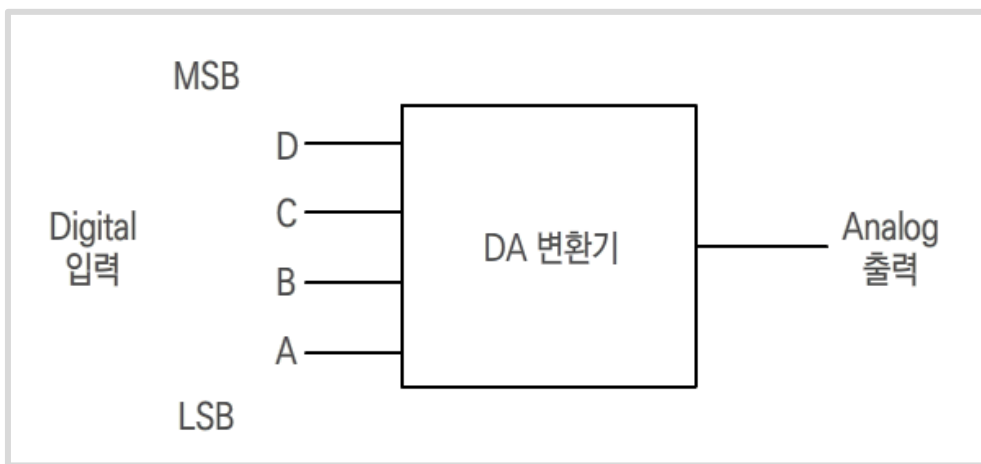
한국기술교육대학교
온라인평생교육원

■ DA 변환기

1. DA 변환기의 개요

1) DA 변환기(Digital to Analogue Converter)

- DA 변환기는 디지털 코드 값을 아날로그 전압 또는 전류로 바꿔주는 일종의 트랜스듀서
- 디지털 기기의 출력은 '0'과 '1'만의 상태를 가지고 있기 때문에 모터나 램프와 같이 아날로그 전압에 의해 구동되는 장치를 컴퓨터로 제어하고자 할 경우에는 컴퓨터의 디지털 출력을 아날로그 전압으로 바꾸는 DA 변환기가 필요



2) DA 변환기의 역방향 처리 과정

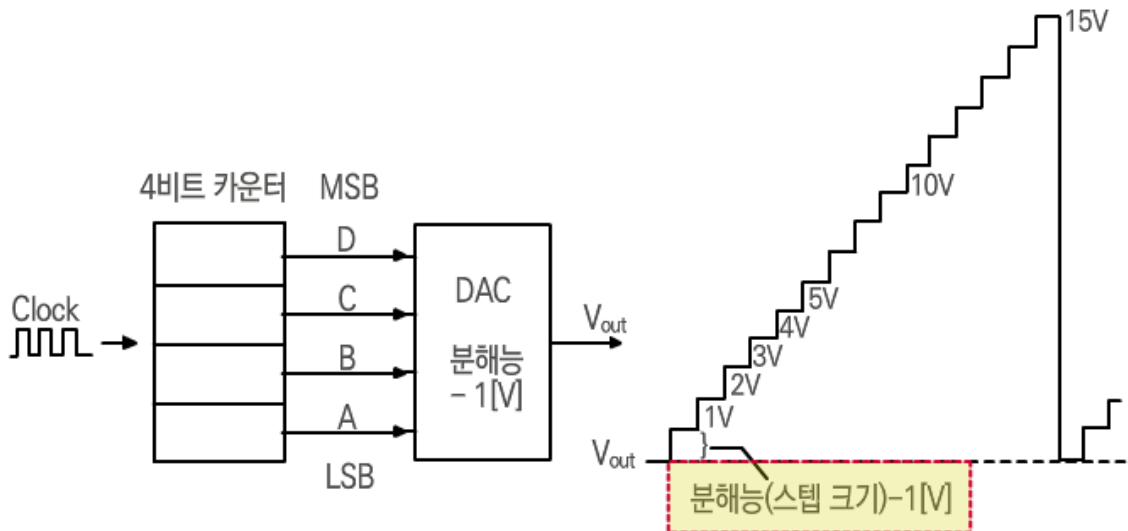
- AD 변환기의 역방향 처리 과정으로서 부호화 과정에서 정해진 비트수가 결정되어 있어 정밀도는 제한적
- 제한된 정밀도를 갖는 아날로그 신호의 크기로 바꾸어 스텝 신호를 출력하면 필터회로를 사용하여 원래 신호에 가깝게 복원함
- 단점 : DA 변환 시 주로 이진수가 활용되며 비트수가 많으면 신호의 표현상 분해능이 높아져 원래 신호 복원에 유리하지만 처리회로가 복잡해짐

■ DA 변환기

1. DA 변환기의 개요

3) 분해도(분해능)

- 디지털 입력의 변화에 따라 아날로그 출력이 발생할 수 있는 최소 변화
- 디지털 입력코드가 바뀔 때마다 아날로그 출력값이 1[V]씩 변함 → 분해도가 1
- 분해도는 항상 최하위비트의 가중값이 동일하며, 입력코드가 한 스텝에서 다음 스텝으로 진행하면 출력의 크기도 따라서 변함
→ 스텝크기(Step Size)라고도 함

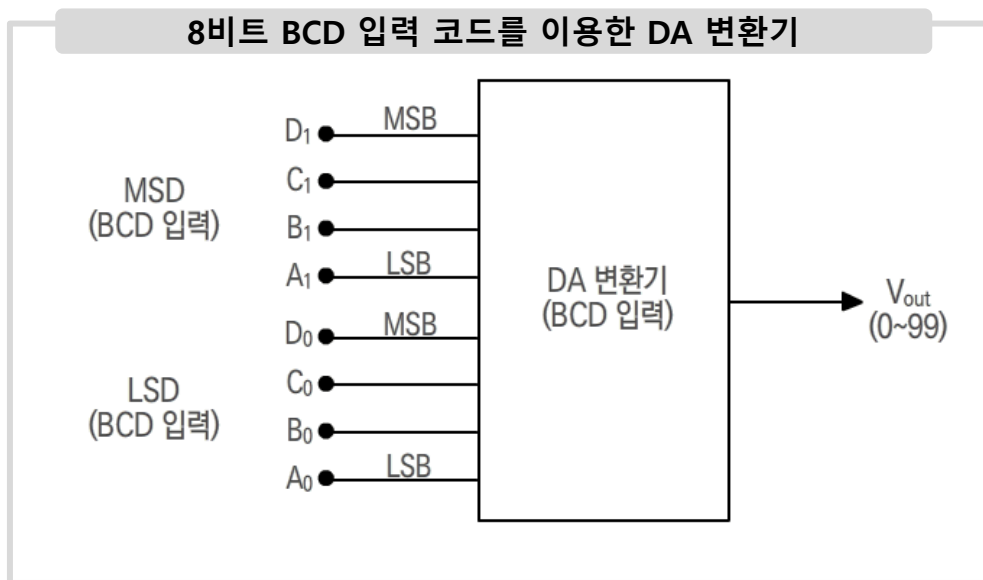


■ DA 변환기

2. BCD 코드

- BCD코드(Binary Coded Decimal Code) : 10진수 0 부터 9까지를 2진화한 코드
- 실제 표기는 2진수이지만 10진수처럼 사용하는 것(이진화 십진법)
- 십진수를 4개의 비트를 한자리로 표현하게 되는데, 각 자리의 10진 수를 동등한 2진수로 대체하여 표기함으로써 2진수와 10진수를 쉽게 변환

10진수	BCD 코드	10진수	BCD 코드	10진수	BCD 코드
0	0000	10	0001 0000	20	0010 0000
1	0001	11	0001 0001	31	0011 0001
2	0010	12	0001 0010	42	0100 0010
3	0011	13	0001 0011	53	0101 0011
4	0100	14	0001 0100	64	0110 0100
5	0101	15	0001 0101	75	0111 0101
6	0110	16	0001 0110	86	1000 0110
7	0111	17	0001 0111	97	1001 0111
8	1000	18	0001 1000	196	0001 1001 0110
9	1001	19	0001 1001	227	0010 0010 0111

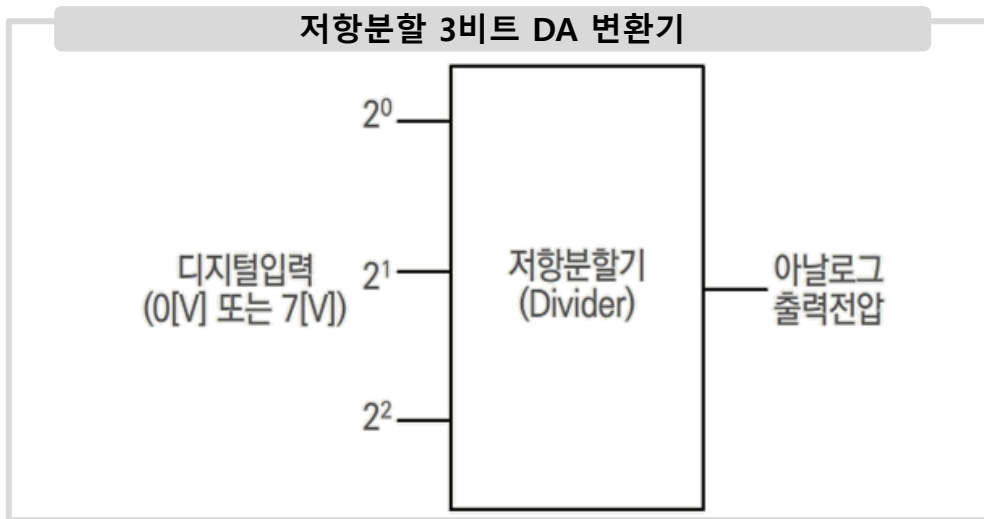


■ DA 변환기

2. DA 변환기의 종류

1) 저항 회로형 DA 변환기

- 연결선이 3개인 3비트 DA변기 예를 나타낸 것으로 디지털 입력이 저항 분할기를 거쳐 아날로그 신호로 변환 출력
- 저항분할 3비트 DA 변환 출력을 나타낸 진리표를 보면 디지털 입력 대비 아날로그 값을 나타내고 있음



저항분할 3비트 DA 변환 출력

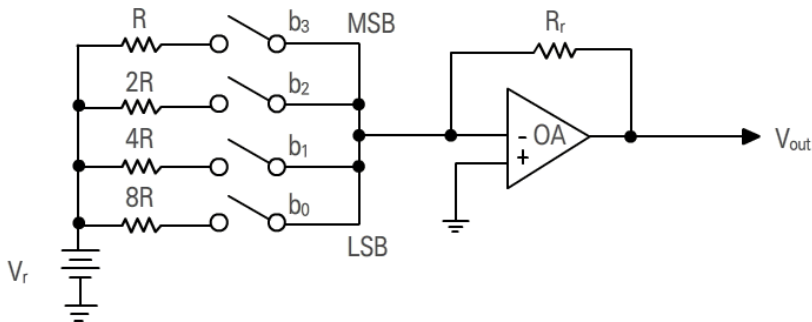
디지털입력			아날로그 출력전압
2^0	2^1	2^2	
0	0	0	0
0	0	1	1
0	1	0	2
0	1	1	3
1	0	0	4
1	0	1	5
1	1	0	6
1	1	1	7

■ DA 변환기

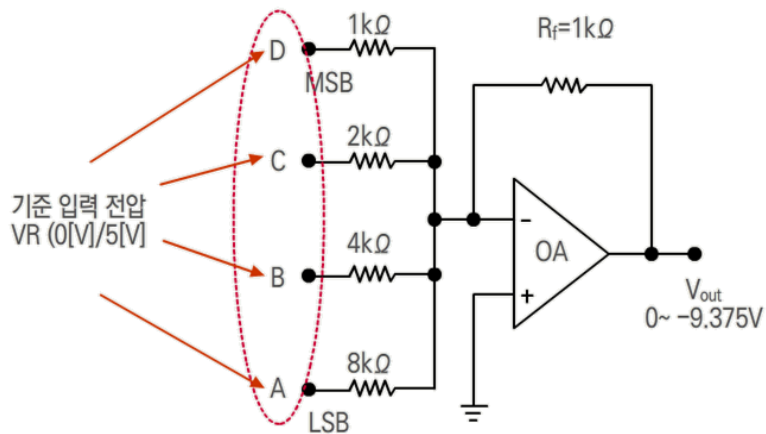
2. DA 변환기의 종류

2) 가산 증폭기형 DA 변환기

- 웨이티드(weighted) 저항 회로망을 이용한 것
- OP-Amp, 기준전압, 스위치 바이너리 웨이티드 저항으로 구성



가산 증폭기 DA 변환기의 OP-Amp형 4비트 DAC 회로



OP-Amp형 4비트 DAC 회로 출력

D	C	B	A	전압 출력[V]	D	C	B	A	전압 출력[V]
0	0	0	0	0	1	0	0	0	-5000
0	0	0	1	-0.625	1	0	0	1	-5625
0	0	1	0	-1250	1	0	1	0	-6250
0	0	1	1	-1875	1	0	1	1	-6875
0	1	0	0	-2500	1	1	0	0	-7500
0	1	0	1	-3125	1	1	0	1	-8125
0	1	1	0	-3750	1	1	1	0	-8750
0	1	1	1	-4375	1	1	1	1	-9375

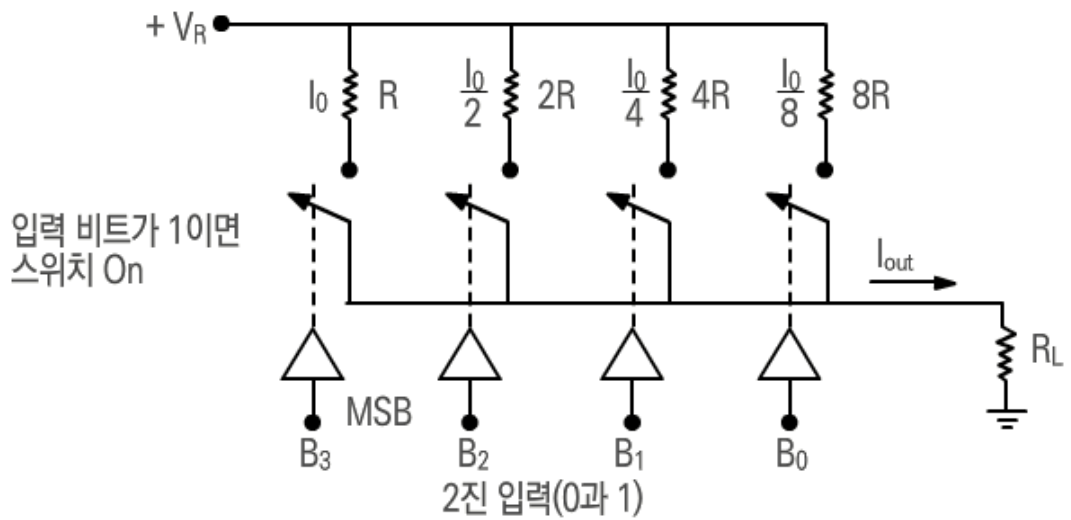
■ DA 변환기

2. DA 변환기의 종류

3) 전류출력 DA변환기

- 4개의 나란한 전류공급경로가 있음
- CMOS 2중 스위치에 의해 각 경로가 ON-OFF됨

아날로그 전류 출력 4비트 DA 변환기



▣ DA 변환기

2. DA 변환기의 종류

4) DA 변환기 선정 시 고려사항

분해능 (Resolution)

- DA변환기의 백분율 분해능은 비트 수에 의해 결정
- 제조회사들은 보통 DA변환기의 분해능을 비트수로 규정

정확도 (Accuracy)

- 최대오차 : 이론적인 출력전압(참값)과 실제 출력 전압(측정값) 간의 오차
- 예 : DA 변환기가 최대출력 9.375[V], %F.S가 $\pm 0.01[\%]$ 의 정확도를 갖는다고 하면 이 변환기는 $\pm 0.9375[\text{mV}] (= \pm 0.01[\%] \times 9.375[\text{V}])$ 의 오차를 가짐
- 선형오차 : 이상적인 스텝크기와 실제 스텝크기간의 최대오차

안정시간 (Setting Time)

- 디지털 입력이 0에서 전부 1로 바뀌는 동안, 그 출력이 0으로 부터 최대출력으로 바뀌는데 필요한 시간

DA 변환기 출력 형식

- 바이폴라(Bipolar) 방식 : 디지털 입력에 대한 아날로그 출력이 정(+), 부(-) 모두 가능한 방식
- 유니폴라(Unipolar) 방식 : DA 변환된 전압 극성이 일방향인 것으로 정(+)전압 출력방식과 부(-)전압 출력방식으로 나뉨

오프셋 전압 (Offset Voltage)

- 이상적 변환기 : 2진 입력이 모두 0 \Rightarrow DA 변환기의 출력 0
- 실제 : OP-Amp의 오프셋 편차(offset error)에 의해 미소 전압 발생(보통 0.05%F.S 정도)
- 대부분의 전압출력 DA 변환기는 오프셋 편차를 0으로 만들 수 있는 외부 오프셋 조정기능이 있음



핵심정리

➤ AD(Analogue to Digital) 변환기

- 아날로그 전기량(주로 아날로그 전압)을 디지털 전기 신호로 변환하는 기기나 소자
- 센서가 온도, 압력, 변위, 가속도 등의 정보를 아날로그 전압으로 변환하여 전달하면, 이를 디지털 값으로 변환해 컴퓨터가 인식할 수 있도록 전달하는 역할
- 양자화 방식에 따라 적분형과 비교형으로 구분
 - 적분형 : 아날로그 전압을 시간 또는 주파수로 변환하여 이것을 카운터로 계수한 뒤 디지털 값으로 변환하는 방식
 - 비교형 : 기준 전압을 바꾸어가면서 아날로그 전압과 크기를 비교해 디지털 값으로 변환하는 방식

➤ DA(Digital to Analogue) 변환기

- 디지털 코드 값을 전압 또는 전류로 바꿔주는 기기나 소자
- 디지털 기기의 출력은 '0'과 '1'만의 상태를 가지고 있기 때문에 아날로그 전압에 의해 구동되는 장치를 컴퓨터로 제어하고자 할 경우에는 컴퓨터의 디지털 출력을 아날로그 전압으로 바꾸는 DA 변환기가 필요하게 됨
- DA 변환기에는 저항 회로형, 가산 증폭기형, 전류출력형 등이 있음