

판독과 데이터처리 - ADC(Analog-to-Digital Converter)

1. ADC의 역할 및 기능

- ****아날로그-디지털 컨버터 (ADC)****는 아날로그 신호를 디지털 신호로 변환하는 장치로, 아날로그 시스템을 디지털화하는 데 핵심적인 역할을 함.
- 외부 아날로그 신호를 처리하여 **디지털 회로**에서 이해할 수 있는 이진수로 변환.

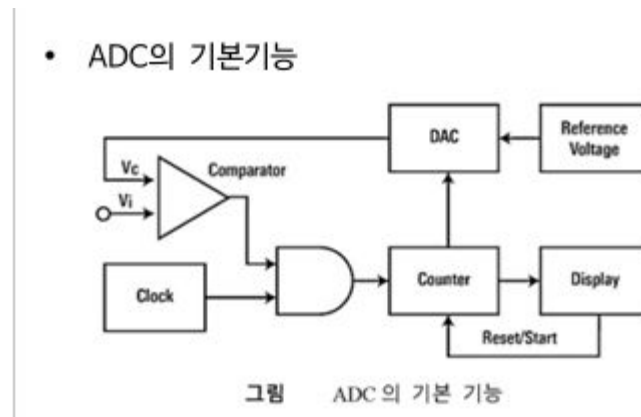
2. ADC의 종류 및 선택

- 애플리케이션의 요구 사항에 따라 다양한 유형의 ADC를 선택.
- 여러 ADC 유형이 있지만, 핵심적인 기능은 **특정 아날로그 신호를 특정 비트 수의 디지털 값으로 변환하는 것**.

3. ADC의 기본 동작 원리

- 계단 램프 기법 (**staircase ramp technique**): 가장 기본적인 ADC의 동작 원리 중 하나.

4. ADC의 기본 구조



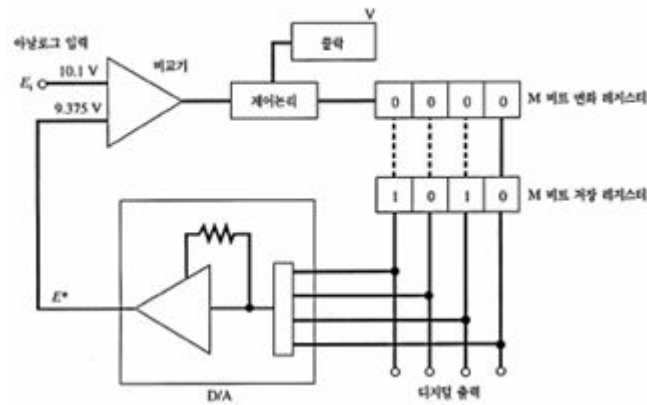
- 구성 요소:
- **DAC (Digital-to-Analog Converter)**: 디지털 신호를 아날로그로 변환하여 비교.
- **Comparator (비교기)**: 입력 아날로그 신호 V_i 와 DAC 출력 V_c 를 비교.
- **Counter (카운터)**: 계수 작업을 수행하여 DAC에 제어 신호를 제공.
- **Control Logic**: 동작을 제어하고 디지털 값을 생성.

5. 기본 동작 과정

1. 측정 시작: $V_c = 0$ 으로 카운터가 초기화.
2. 비교 작업: 입력 V_i 와 V_c 를 비교하여 $V_i > V_c$ 일 경우 카운터가 클럭 신호를 받아 증가.
3. 계단 전압 증가: 카운터가 증가하면 DAC에서 증가하는 전압 V_c 를 출력.
4. 일치 시 종료: V_c 가 V_i 와 일치하면 카운터가 멈추고 최종 디지털 값으로 변환.

ADC 변환기의 유형 및 특징

• 연속근사 변환기: 레지스터 1010, $E=10.1V$



1. 연속근사 변환기 (Successive Approximation Converters, SAC)

- 기능: 입력 전압을 점진적으로 비교하여 해당 전압의 디지털 값을 찾아가는 방식.
- 작동 원리: 시행착오 방식으로 가장 높은 비트부터 하나씩 비교하며 디지털 값을 생성.
- 특징: 비율 대비 변환속도가 중요한 경우에 주로 사용되며, 정확하고 빠른 변환이 가능함.
- 예시 회로: 그림에서 볼 수 있듯이 레지스터가 연속근사 레지스터(SAR)로 동작하며, DAC와 함께 입력 신호를 반복적으로 비교.

2. Ramp 변환기

- 기능: 고정밀 저신호 변환을 위해 일정한 속도로 증가하는 **Ramp 신호**를 사용하여 입력 신호를 계측.
- 작동 원리: 입력 아날로그 신호와 변환된 Ramp 신호를 비교하여 일치하는 지점에서 디지털 신호로 변환.
- 특징: 주로 낮은 전압 신호(1mV 이하)의 고정밀 계측에 적합.

3. 병렬 변환기 (Parallel Converters)

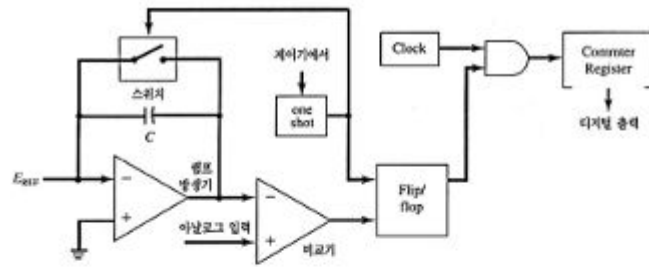
- 기능: 매우 고속의 변환을 위해 동시에 여러 비트를 변환하는 방식.
- 특징: 고가의 변환기에서 사용되며, 빠른 데이터 수집이 필요한 **디지털 오실로스코프나 주파수 분석기**에서 사용됨.

예시

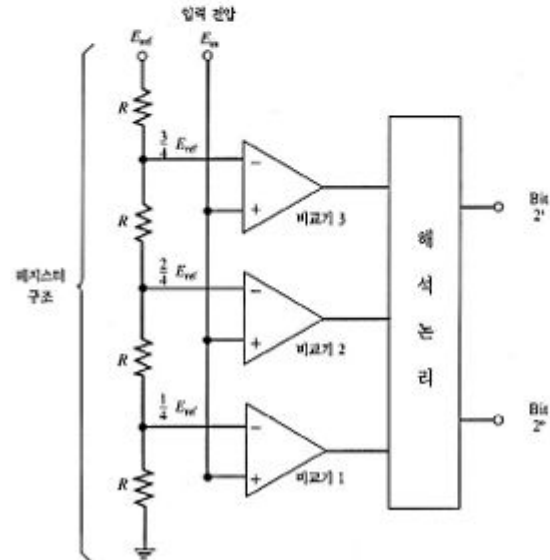
- 연속근사 변환기: 10비트 레지스터의 상태를 통해 입력 전압이 $E = 10.1V$ 로 변환되는 예시.
- Ramp 변환기는 계측 시스템에서 매우 작은 전압 변화를 측정할 때 사용.

램프 변환기와 병렬 변환기의 동작 원리

• 램프변환기



병렬변환기



1. 램프 변환기 (Ramp Converter)

- 동작 원리:
- 적분기를 통해 일정한 속도로 증가하는 램프 신호를 생성.
- 아날로그 입력 신호와 램프 신호를 비교하는 **비교기**를 통해 변환이 진행됨.
- 램프 신호가 아날로그 입력 신호와 일치하면, **플립플롭(Flip/Flop)** 회로가 동작하여 카운터에 클럭 신호를 멈추고, 해당 시점의 카운트 값을 디지털 출력으로 전송.
- 구성 요소:
- 적분기, 비교기, 카운터 레지스터, 클럭 신호로 구성되어 있음.
- 특징:
- 비교 작업을 반복하며 입력 신호에 일치하는 디지털 값을 찾음.
- 저신호 레벨의 정확한 측정이 가능하지만 변환 속도는 비교적 느림.

2. 병렬 변환기 (Parallel Converter)

- 동작 원리:
- 여러 개의 비교기를 사용하여 동시에 입력 신호의 다양한 레벨을 확인.
- 각각의 비교기는 입력 신호와 기준 전압을 비교하고, 해당 결과는 ****해석 논리(Decoder)****에 전달됨.

- 해석 논리는 각 비교기의 출력을 종합하여 최종 디지털 이진수 값을 출력.

데이터 획득 시스템 (Data-Acquisition Systems) 1. 데이터 획득 시스템의 개요

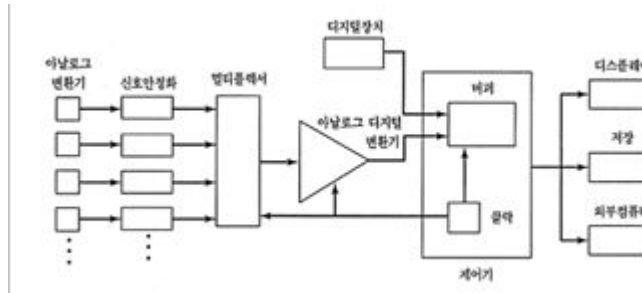
- 데이터 획득 시스템은 다양한 센서나 장치로부터 데이터를 수집하고 저장하는 계측 시스템.
- 전용 마이크로프로세서 기반 시스템:
- 계측, 기록과 제어에 대한 반복 작업을 처리하는 데 사용.
- PC 기반 시스템:
- 사용자 편의성과 유용성이 높으며, 데이터 획득 시스템을 PC와 조합하여 사용.



2. 데이터 획득 시스템의 흐름

- 데이터 획득의 기본 단계:
- 센서 신호 획득 → 신호 조절 및 변환 → 아날로그-디지털 변환 → 디지털 신호 처리 → 저장 및 분석
- 이러한 과정은 센서에서 얻은 아날로그 신호를 디지털화하여 유용한 정보로 처리하고 저장함.

3. 자동 데이터 획득 시스템의 흐름도



- 입력 신호는 센서나 변환기에서 획득되고, 이 신호는 OP 앰프나 필터를 통해 처리됨.
- 변환된 신호는 A/D 변환기를 통해 디지털화되고, 그 결과는 메모리나 저장 장치에 기록됨.

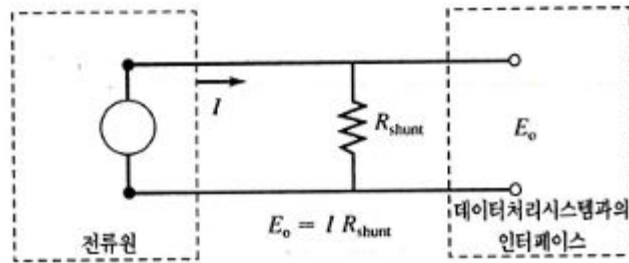
4. 데이터 획득 시스템의 주요 구성 요소

- 필터와 증폭기:
- 입력 신호에서 잡음을 제거하고 필요한 주파수 대역을 강조.
- Shunt 회로:
- 전류 신호를 shunt 저항을 통해 전압 신호로 변환하는 역할을 수행.

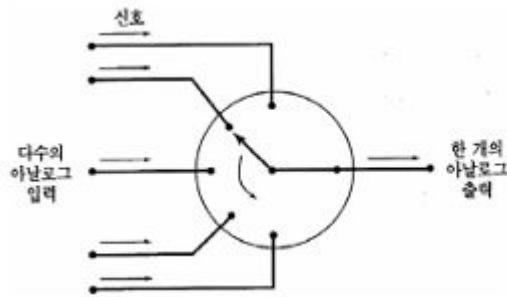
1. Shunt 회로를 이용한 전류 측정

- **Shunt 저항 (R_{shunt})**을 통해 전류 신호를 전압 신호로 변환.

- 변환된 전압 신호 (E_o)는 다음과 같이 표현됨: $E_o = I \times R_{shunt}$
- 이를 통해 전류 측정 장치를 데이터 처리 시스템과 인터페이스할 수 있음.



2. 아날로그 멀티플렉서 (Analog Multiplexer)



- **역할:** 여러 아날로그 입력 신호 중 하나를 선택하여 출력으로 전달.
- **구성:** 다수의 아날로그 입력을 받아 하나의 아날로그 출력으로 전달함으로써 효율적인 데이터 수집 가능.

3. A/D 변환기와 D/A 변환기

- **A/D 변환기 (ADC):** 아날로그 신호를 디지털 신호로 변환하여 중앙 처리 장치로 전달.
- **D/A 변환기 (DAC):** 디지털 신호를 아날로그 신호로 변환하여 출력.

4. 디지털 입력과 중앙 처리 장치 연결

- 변환된 디지털 신호는 중앙처리 장치(CPU), 메모리 장치, 버퍼 등을 통해 처리되고 저장됨.

5. 아날로그 입출력 통신

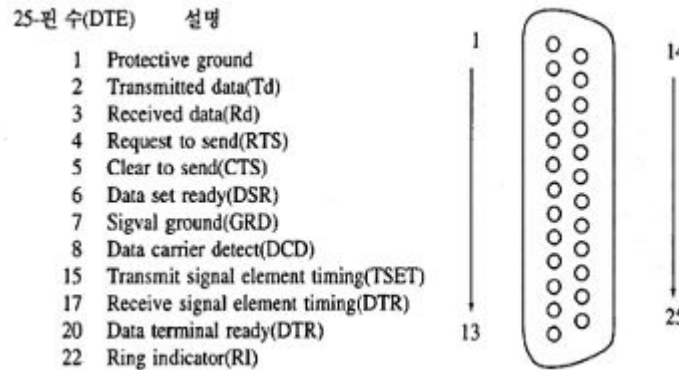
- **데이터 획득보드:** PCMCIA 카드와 같은 장치를 통해 데이터 수집에 사용.
- PCMCIA는 노트북 컴퓨터 등에서 외부 장치와 연결하는 데 사용되는 카드 형태의 인터페이스.

6. 디지털 입출력 통신 방식

- **시리얼 통신:** RS-232C, RS-422A/423A/449/485 등의 프로토콜을 이용하여 데이터를 순차적으로 전송.
- **통합 직렬 버스 (USB):** 다양한 디지털 장치 간 고속 통신을 제공하는 표준 인터페이스.

계수, 시간 간격의 결정과 RS-232C

1. 25핀 RS-232C 인터페이스



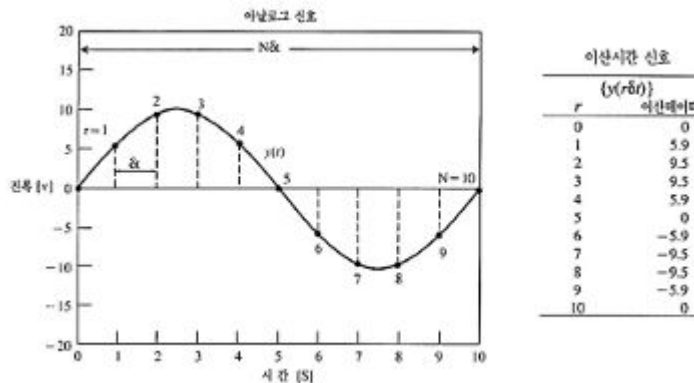
- **RS-232C**는 시리얼 통신을 위한 표준 인터페이스이며, **25핀 커넥터**를 사용하여 데이터 전송에 활용.
- 각 핀의 기능:
- **Pin 2 (Transmitted data)**: 데이터 전송(TD)
- **Pin 3 (Received data)**: 데이터 수신(RD)
- **Pin 7 (Signal ground)**: 신호 접지(GND)
- **Pin 4, 5, 6** 등은 데이터 흐름 제어 신호로 사용됨 (RTS, CTS, DSR 등).

이러한 핀 배열을 통해 RS-232C는 두 장치 간의 시리얼 데이터 통신을 수행함.

2. 계수 및 시간 간격의 결정: 샘플링

- **신호 추출 (Sampling)**: 연속적인 아날로그 신호를 이산적인 디지털 신호로 변환하는 과정.
- 아날로그 신호의 특정 간격에서 데이터를 추출하여 디지털화함.

3. 신호 추출 개념 (Sampling Concepts)



- **샘플링 주파수**: 아날로그 신호를 디지털로 변환할 때, 신호의 추출 간격을 나타내는 주파수.
- **나이퀴스트 샘플링 정리**: 원래 신호를 정확하게 복원하기 위해서는 원신호의 최대 주파수의 **2배 이상의** 샘플링 주파수가 필요.

4. 아날로그와 이산 신호

- **아날로그 신호**: 시간에 따라 연속적으로 변하는 신호.
- **이산 신호**: 샘플링 과정을 통해 특정 시간 간격에서 측정된 값만을 가진 신호.

아날로그 신호의 이산화와 샘플링에 대한 상세 설명

1. 아날로그 신호가 이산화된 형태로 잘 나타나도록 하는 결정 요인

- **계측된 아날로그 신호의 주파수 성분**: 원래 신호의 주파수 특성을 파악해야 함.
- **개개의 이산화된 숫자 사이의 시간 증분량**: 샘플링 간격으로, 시간 증분이 작을수록 원래 신호에 더 가깝게 변환 가능.
- **신호계측의 전체 시간**: 전체 신호의 관측 기간을 의미하며, 데이터 수집의 정확성에 영향을 줌.

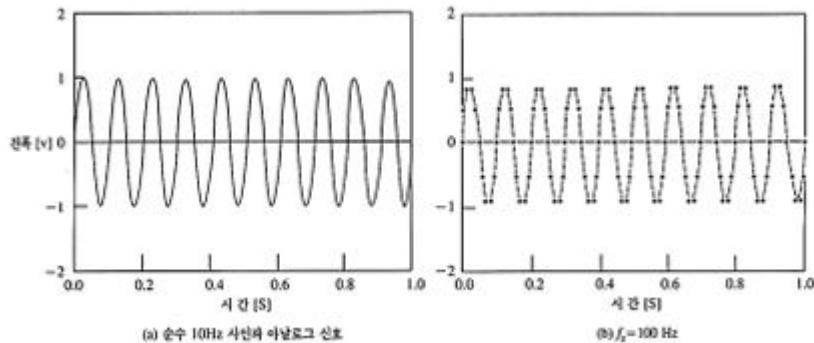
2. 표본 추출률 (Sample Rate)

- **표본 추출률**: 신호를 디지털화할 때 초당 추출하는 샘플의 수.
- 단위는 Hz이며, 신호의 모든 특징을 제대로 반영하기 위해 **충분히 높은 추출률**이 필요함.

3. 샘플링 정리 (Sampling Theorem)

- **나이퀴스트 샘플링 정리**에 따르면, 원래 아날로그 신호를 완전히 복원하려면 샘플링 주파수 f_s 가 신호의 최대 주파수 f_m 의 **2배 이상**이어야 함: $f_s > 2f_m$
- **수식 설명**:
- $f_s = \frac{1}{\Delta t}$ 로, Δt 는 샘플링 간격을 의미함.
- $\Delta t < \frac{1}{2f_m}$ 일 때 원 신호를 정확히 재현할 수 있음.

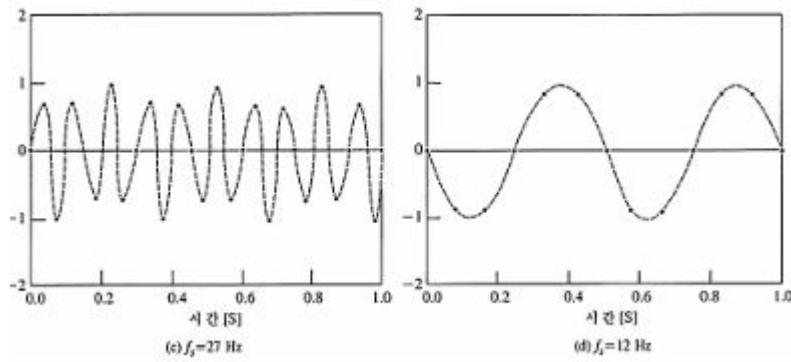
4. 아날로그 신호의 예시



- 그래프에서 볼 수 있듯이, 왼쪽은 연속적인 **아날로그 신호**, 오른쪽은 이산화된 **디지털 신호**를 나타냄.
- 적절한 샘플링 주파수를 사용해야 원래 신호를 잃지 않고 정확하게 디지털화할 수 있음.

아날로그 신호의 샘플링에 따른 오해와 문제점

1. 알리아스 주파수 (Alias Frequencies) 현상



- **정의:** 샘플링 주파수가 신호의 최대 주파수의 두 배인 $2f_m$ 보다 작을 때, 원래 아날로그 신호의 고주파 성분이 잘못된 저주파 성분으로 인식되는 현상.
- **원인:** 샘플링이 충분히 빠르지 않을 경우 발생하며, 결과적으로 **잘못 인식된 주파수**가 나타남.

2. Nyquist 주파수

- **정의:** 신호에 포함된 모든 주파수 성분을 정확하게 복원하기 위해 필요한 최소 샘플링 주파수.
- 수식으로 표현하면 $f_s > 2f_m$ 이며, 여기서 f_m 은 신호의 최대 주파수.
- **필요성:** Nyquist 주파수 이상으로 샘플링해야만 **알리아싱 현상**을 방지할 수 있음.
- **대처 방법:** 샘플링 전에 아날로그 신호를 **저역 통과 필터링(low-pass filtering)**하여 고주파 성분을 제거해야 함.

3. 진폭의 모호성 (Amplitude Ambiguity)

- **정의:** 이산 신호로 변환된 후 신호의 정확한 진폭을 복원하는 데 발생하는 문제.
- 수식:
- $$mT_1 = N\delta t \Rightarrow \delta f = \frac{f_s}{N}$$
- $N\delta t$ 가 신호의 주기성을 나타냄.
- 이 모호성은 **DFT(Discrete Fourier Transform)** 분석을 통해 신호의 주파수 해상도에 영향을 미침.

4. 예시 그림 분석

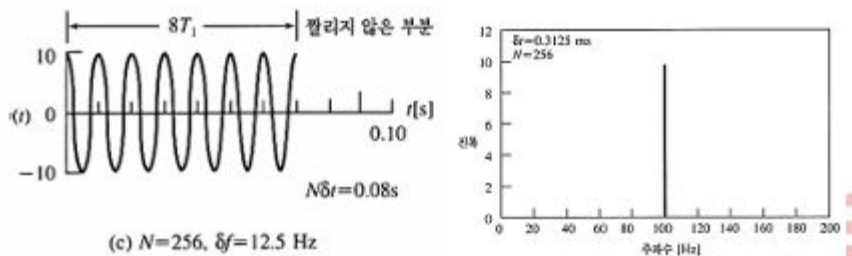
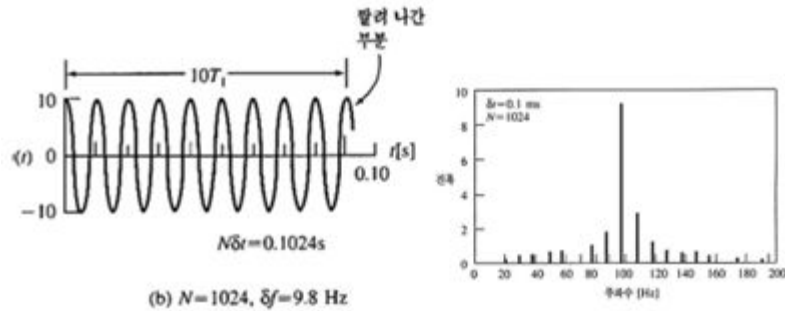
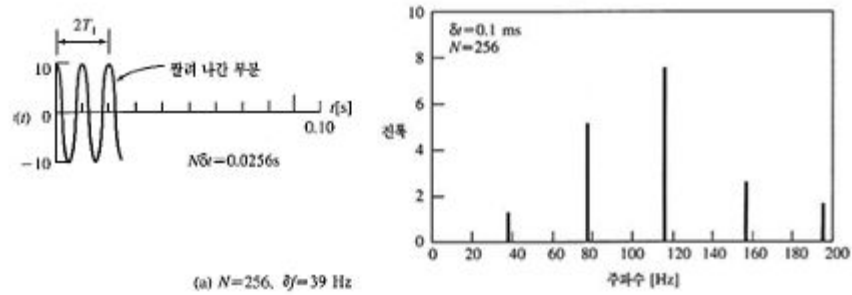
- 위 그래프는 샘플링 과정에서 발생하는 알리아싱 현상을 보여줌.
- (a) 적절한 샘플링 주파수에서 원 신호가 정확히 추출.
- (b) 잘못된 샘플링 주파수로 인해 원래 주파수가 왜곡되어 인식.

신호 추출 속도와 데이터 수: 진폭 스펙트럼의 분석

1. 신호 추출 속도와 데이터 수의 중요성

- **목표:** 스펙트럼 유실을 최소화하고 원 신호를 정확하게 근사시키기 위해 표본 추출률 f_s 를 원 신호 주파수의 **5배 정도**로 설정하는 것이 좋음.
- $N\delta t$: 신호를 정확하게 표현하기 위해 **** $N\delta t$ ****를 충분히 크게 유지하는 것이 바람직함.

2. 진폭 스펙트럼 분석



- $N = 256$, $\delta f = 39\text{Hz}$:
- 좌측 그림에서 샘플링한 신호의 길이가 짧아 스펙트럼 분해능이 낮음.
- 우측 스펙트럼에서 넓은 주파수 간격으로 신호가 나타나며, 정확한 주파수 정보 표현이 어려움.
- $N = 1024$, $\delta f = 9.8$:
- 신호 길이가 충분히 길어져 스펙트럼 분해능이 향상됨.
- 더 세밀한 주파수 정보가 표현되며, 원 신호의 주파수 특성을 보다 정확하게 재현함.
- $N = 256$, $\delta f = 12.5\text{Hz}$ (**떨리 없는 부근**):
- δf 가 조금 개선되어 주파수 해상도가 높아짐.
- 하지만 N 의 크기가 작을 경우, 여전히 주파수 스펙트럼에서 정확한 주파수 표현이 제한됨.

3. 결론 및 권장 사항

- 스펙트럼 유실을 최소화하고 정확한 주파수 분석을 위해서는 ****충분한 표본 수 N ****와 높은 ****샘플링 주파수 f_s ****가 필요.

- 실제 신호 분석 시 $N\delta t$ 를 크게 유지하고 f_s 를 원 신호 주파수의 5배 이상으로 설정하면 주파수 도메인에서의 정보 손실을 최소화할 수 있음.