

16장. 두 신호간의 위상차 구하는 방법



1. 학습개요

목표

1. 위상(Phase)과 위상차(Phase Difference)의 물리적 의미를 이해한다.
2. 오실로스코프에서 두 채널 신호의 위상차를 측정하는 기본 절차를 익힌다.
3. 자동 측정 기능 Phase(r-r_ 측정 원리와 설정 방법을 이해한다.
4. 위상차 측정 결과를 통해 동기 여부, 시간 지연, 시스템 안정성을 해석할 수 있다.
5. 위상차가 실제 애플리케이션(거리 측정, 통신, 모터 제어 등)에 어떻게 활용되는지 이해한다.

2. 이론

2.1 위상(Phase)과 위상차(Phase Difference)의 개념



그림 16-1. 위상차가 존재하는 두개의 파형 예시

사인파와 같은 주기 신호는 주기(Period)를 기준으로 0도부터 360도까지의 위상(Phase)을 갖습니다. 한 주기 (1 cycle)는 360도에 해당하며, 신호의 특정 위치(예: 상승 에지, 피크, 영점 교차점 등)를 기준으로 현재 신호가 주기 내 어느 위치에 있는 지를 각도로 표현한 것이 위상입니다. 위상차(Phase Difference)는 단순히 각도라기 보다는, 시간 축 위에서의 상대적인 위치를 주기 기준으로 정규화한 표현이라고 이해하는 것이 좋습니다. 예를 들어 사인파에서는 상승 에지, 하강 에지, 피크, 영점 교차점 등의 지점들은 모두 위상의 기준점으로 사용될 수 있습니다. 이 중에서도 오실로스코프의 자동 측정에서는 주로 '에지' 기준이 사용됩니다. 이는 에지가 가장 명확하고 반복성이 높아 노이즈 환경에서도 안정적인 검출이 가능하기 때문입니다.

위상차는 두 신호가 동일한 주기(동일한 주파수)를 가질 때, 같은 기준점(예: 상승 에지)을 기준으로 얼마나 시간적으로 어긋나 있는지를 각도로 표현한 값입니다.

- 위상차 = 0°인 신호는 두 신호가 완전히 동기된 신호

- 위상차 = +90° 또는 -90°인 신호는 한 신호가 다른 신호보다 주기의 1/4 만큼 앞서거나 뒤쳐지는 신호
- 위상차 = 180°인 신호는 정반대의 위상을 가지는 신호

여기서 중요한 점은, 위상차는 항상 '비교 개념'이라는 것입니다. 단일 신호에는 절대적인 위상이라는 개념이 없고, 반드시 기준이 되는 다른 신호(Source A)가 존재해야 의미를 가집니다.

2.2 시간 지연과 위상차의 관계

위상차는 시간 지연(Time Delay)을 각도로 환산한 값입니다.

즉, 오실로스코프 내부에서는 실제로 다음과 같은 순서로 계산이 이루어집니다.

1. 두 신호의 기준점(예: 상승에지) 사이의 시간 차이(Delay) 측정
2. 기준 신호(Source A)의 주기(Period) 확인
3. 시간 차이를 주기 대비 비율로 환산 후, 각도로 변환

이 관계는 다음 식으로 정리할 수 있습니다.

$$\text{Phase} = \frac{\text{Time Delay}}{\text{Period}} \times 360^\circ$$

즉, 동일한 시간 지연이라도 주파수가 높을수록 위상차는 커지고, 동일한 위상차라도 주파수가 낮을수록 시간 지연은 길어집니다.

이 때문에 위상차 측정은 단순한 시간 차이 측정이 아니라, 신호의 주기적 특성을 포함한 상대 비교라는 점에서 매우 중요합니다. 이 때문에 통신, 센서, 동기화 시스템에서는 몇 ns 늦다 보다 몇 도 어긋났다 라는 표현이 훨씬 직관적이고 의미 있는 경우가 많습니다.

2.3 오실로스코프에서 위상차 측정의 특징

오실로스코프는 두 채널을 동일한 시간축 기준으로 샘플링하기 때문에 두 신호 간의 미세한 시간 차이를 매우 정밀하게 비교할 수 있습니다. 특히, 디지털 오실로스코프에서는 다음과 같은 장점이 있습니다.

- 두 채널을 동시에 샘플링
 - 동일한 샘플링 레이트와 메모리 깊이 사용
 - 내부 알고리즘을 통한 에지 기반 자동 검출
- 이로 인해 수동 커서 측정 대비 다음과 같은 이점이 있습니다.
- 반복 측정 시 결과의 일관성 확보
 - 노이즈 환경에서도 통계 기반 안정성 향상
 - 평균, 최대/최소, 표준 편차 등 품질 지표까지 함께 확인 가능

또한 대부분의 오실로스코프는 상승 에지, 하강 에지, 임계 중간 값을 기준으로 위상차를 자동 계산합니다. 이 때, 두 신호가 동일한 주파수 성분을 가져야 하며, 트리거가 안정적으로 설정되어 있어야 하고, 접지가 공통으로 연결되어 있어야 물리적인 의미를 확실하게 계산할 수 있습니다.

3. 위상차 측정 활용 예

3.1 거리 측정 (초음파/레이더)

- 송신 신호와 수신 신호의 위상차를 통해 시간차를 계산하고 거리를 계산할 수 있습니다.
- 짧은 거리에서도 높은 분해능을 확보할 수 있습니다.

3.2 통신 시스템 동기화

- 클럭과 데이터 간의 위상차를 분석할 수 있습니다.
- Setup/Hold Margin을 검증할 수 있습니다.
- 타이밍 오류를 사전에 검출할 수 있습니다.

3.3 모터 제어 시스템

- 3상 전압, 전류의 위상차를 분석할 수 있습니다.
- 회전자 위치를 추정할 수 있습니다.
- 토크 및 회전 방향을 제어할 수 있습니다.

4. 기본 실습

준비물: 오실로스코프, DS6000 데모보드, 패시브 프로브

4.1 두 신호 간 위상차 측정하기

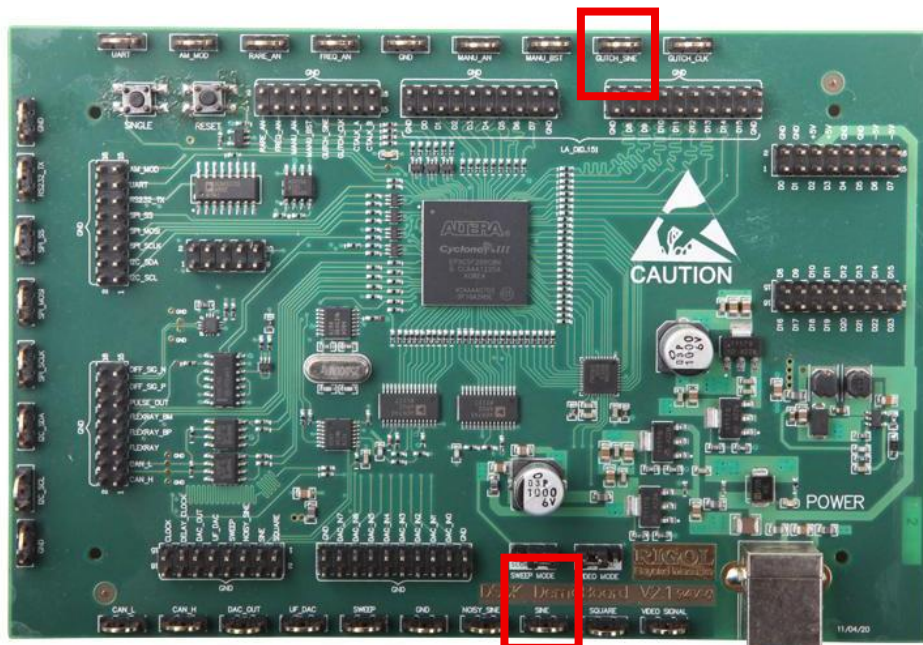


그림 16-2. DS6000 데모보드에서 SINE과 GLITCH_SINE 핀

- ① 데모보드에서 나오는 SINE 출력을 오실로스코프 CH1에 연결합니다.
- ② 데모보드에서 나오는 GLITCH_SINE 출력을 오실로스코프 CH2에 연결합니다.

- ③ 두 프로브의 GND를 데모보드의 GND핀에 연결합니다.
- ④ 오실로스코프 전면의 AUTO 버튼을 눌러 자동 셋업을 수행합니다.
- ⑤ CH1과 CH2에 각각 사인파가 안정적으로 표시되는 지 확인합니다.
- ⑥ 화면 하단의  버튼을 눌러 측정 메뉴로 진입합니다.



그림 16-3. Measure -> Other -> Phase(r-r) 선택 창

- ⑦ Measure -> Other -> Phase(r-r) 항목을 선택합니다.
- ⑧ Phase 차이를 보기 위해 Source A를 CH1로, Source B를 CH2로 선택합니다.
- ⑨ Phase(r-r) 측정 항목이 우측 메뉴로 뜨면 우측에 뜬 화면에서 하단의 화살표 버튼을 누릅니다.
- ⑩ Setting 메뉴로 진입하여 Count(통계에 사용할 측정 횟수), Upper/Mid/Lower Level(에지 검출 기준 레벨)을 설정합니다.
- ⑪ Count가 누적되면 평균 위상차, 최대값, 최소값, 표준 편차 등을 확인할 수 있습니다.

5. 결과 확인

파형의 Delay가 발생하는 이미지를 캡처하여 제출합니다.

Phase (r-r)의 자동 측정 결과와 평균.표준편차의 값을 확인하여 함께 제출합니다.

6. 확인 문제

1. 위상차를 각도로 표현하는 이유는 무엇인가요?

2. 동일한 시간 지연일 때, 주파수가 높아지면 위상차는 어떻게 변하나요?

3. 위상차는 주로 어떤 목적으로 활용되나요?

7. 핵심요약

- 위상차는 두 신호 간 시간 차이를 주기 기준 각도로 환산한 값이다.
- 오실로스코프의 Phase(r-r) 측정은 상승 에지 기준의 자동 위상 계산 기능이다.
- 통계 기능을 활용하면 위상 안정성과 지터 특성까지 함께 분석할 수 있다.
- 위상차 측정은 통신, 센서, 모터, 거리 측정 등 다양한 분야에서 핵심적인 분석 도구이다.

8. 참고 및 부록

용어집:

- Phase: 주기 신호 내의 상대적인 위치
- Phase Difference: 두 신호 간 위상의 차이
- r-r(rising edge - rising edge): 상승 에지 기준 측정
- Time Delay: 두 신호 간 시간 차이
- Synchronization: 신호의 시간적 정렬 상태