

17장. 파형 연산 및 수학적 분석 방법



1. 학습개요

목표

1. 오실로스코프의 MATH 기능 개념과 역할을 이해한다.
2. $A+B$, $A-B$, $A \times B$ 연산의 물리적 의미와 활용 사례를 설명할 수 있다.
3. 적분(Intg), 미분(Diff) 연산을 통해 물리량 해석 능력을 기른다.
4. Logic 연산을 활용해 디지털 신호 조건을 시각적으로 검증한다.
5. 실제 측정 환경에서 MATH 기능을 활용한 분석 흐름을 익힌다.

2. 이론

2.1 오실로스코프 MATH 기능이란?

오실로스코프의 MATH 기능은 이미 측정된 채널 파형을 기반으로 수학적 연산을 수행해 새로운 파형을 생성하는 기능이다. 즉, 단순히 “보는 계측기”에서 한 단계 더 나아가 분석 장비로 확장시켜 주는 핵심 기능이다.

MATH 기능의 특징은 다음과 같다.

- 실제 회로를 변경하지 않고 가상의 연산 파형 생성
- 시간 영역에서의 오차, 차이, 합성 효과를 직관적으로 확인
- 전력, 에너지, 전하 등 물리량 유도
- 디지털 신호의 논리 조건 검증

이러한 이유로 MATH 기능은 전력 분석, 신호 무결성 분석, 보정 효과 검증, 통신 디지털 디버깅에서 매우 빈번하게 사용된다.

2.2 덧셈 연산: $A+B$ (파형 합성)



그림 17-1. $A+B$ 연산의 예시

A+B 연산은 두 입력 신호를 시간축 기준으로 샘플 단위로 더한 결과를 보여준다. 수식으로 표현하면 다음과 같다.

$$MATH(t) = CH1(t) + CH2(t)$$

이 연산은 다음과 같은 상황에서 매우 유용하다.

- 기준 신호 + 노이즈를 통한 합성 신호 확인
- 제어 시스템에서 보정 신호가 더해진 결과 파형 확인
- 멀티 센서 출력 신호를 합산해 총합 응답 분석

A+B 연산을 통해 “실제 시스템에서 최종적으로 관측되는 신호가 어떤 형태인지”를 회로 수정 없이 사전에 시뮬레이션할 수 있다는 점이 핵심이다.

2.3 뿔셈 연산: A-B (오차 및 차이 분석)



그림 17-2. A-B 연산의 예시 (M2)

A-B 연산은 두 신호의 차이를 계산하여 차이 성분만을 분리해 보여준다.

$$MATH(t) = CH1(t) - CH2(t)$$

이 연산은 다음과 같은 분석에 매우 중요하다.

- 기준 신호 vs. 실제 출력 신호를 통한 왜곡량 확인
- 동일 신호를 두 경로로 전달했을 때의 지연 위상차를 검출
- 신호 + 노이즈 - 노이즈를 통한 순수 신호 추출
- 보정 전/후의 시간 비교를 통한 보정 효과의 정량 평가

특히 이 연산의 결과가 완전히 0에 가깝다면 두 신호는 거의 동일하다거나 특정 패턴이 남아있다면 그 패턴이 바로 오차의 정체임을 확인할 수 있다. 따라서 즉, A-B의 연산을 통해 보이지 않던 문제를 확인할 수 있다.

2.4 곱셈 연산: AxB (전력 분석의 핵심)



그림 17-3. AxB 연산의 예시 (M3)

AxB 연산은 주로 전력 분석에 사용된다. A는 전압 파형이고, B는 전류 파형일 때 두개의 곱을 통해 순간 전력을 얻을 수 있다. (아래 식 예시)

$$P(t) = V(t) \times I(t)$$

이를 활용하면 다음과 같은 분석이 가능하다.

- 스위칭 전원에서 손실이 발생하는 시점
- 인버터, 모터 드라이버에서 부하 변화에 따른 전력 분포
- 특정 구간에서의 피크 전력 스트레스 확인

단순 평균 전력값이 아닌, 언제, 어떤 타이밍에, 얼마나 전력이 소모되는지를 시간축에서 직접 확인할 수 있다는 점이 매우 중요하다.

2.5 적분 연산: Intg (물리량 유도)



그림 17-4. 적분 연산의 예시

적분 연산은 시간에 따른 누적 효과를 분석하는 데 사용된다.

대표적인 예는 다음과 같다.

- 전류를 적분하면 전하값을 알 수 있다.
- 전력을 적분하면 에너지를 알 수 있다.
- 전압을 적분하면 응용에 따라 자속을 알 수 있다.

적분 파형을 보면 신호가 누적되는 방향, 특정 구간에서 얼마나 많은 에너지가 축적되는지를 직관적으로 파악할 수 있다.

2.6 미분 연산: Diff (변화율과 엣지 검출)



그림 17-5. 미분 연산의 예시

미분 연산은 신호의 변화 속도를 강조한다.

$$\frac{d}{dt}x(t)$$

이 연산은 다음 상황에서 특히 유용하다.

- 고속 디지털 신호의 엣지 검출
- 트랜지언트 발생 시점 강조
- 급격한 전압 변화 구간 식별

완만한 구간은 거의 0으로, 급격한 변화는 큰 피크로 나타나기 때문에 이벤트 검출용 연산으로 자주 활용된다.

2.7 로직 연산: Logic (디지털 조건 검증)



그림 17-6. 로직 연산의 예시

로직 연산은 아날로그 파형을 임계값 기준으로 논리화한 뒤, 각 샘플 포인트마다 논리 연산을 수행하여 결과를 표시한다.

대표 연산은 다음과 같다.

- **A&&B (AND 연산):** 두 입력 A와 B가 모두 논리 1일 때만 결과가 1이 됩니다. Enable 신호 + Clock 신호와 같이 동시 조건 만족 여부를 확인할 때 유용합니다.
- **A||B (OR 연산):** A 또는 B 중 하나라도 논리 1이면 결과가 1이 된다. 여러 트리거 조건 중 하나라도 만족하는 경우를 확인할 때 활용된다.
- **A^B (XOR 연산):** A와 B가 서로 다를 때만 결과가 1이 된다. 두 신호의 불일치, 타이밍 차이, 위상 차이를 검출하는 데 효과적이다.
- **!A (NOT 연산):** 입력 A의 논리값을 반전하여 출력한다. Active-Low 신호나 논리 반전 조건 확인에 사용된다.
- 논리 연산표

A	B	A&&B (AND)	A B (OR)	A^B (XOR)	!A (NOT)
0	0	0	0	0	1
0	1	0	1	1	1
1	0	0	1	1	0
1	1	1	1	0	0

이 기능은 다음과 같은 디지털 분석에 매우 효과적이다.

- SPI, UART 조건 검증
- Enable & Clock 동시 조건 확인
- 통신 에러 조건 시각화

3. 기본 실습

준비물: 오실로스코프, DS6000보드, 패시브 프로브

3.1 실습 신호 구성

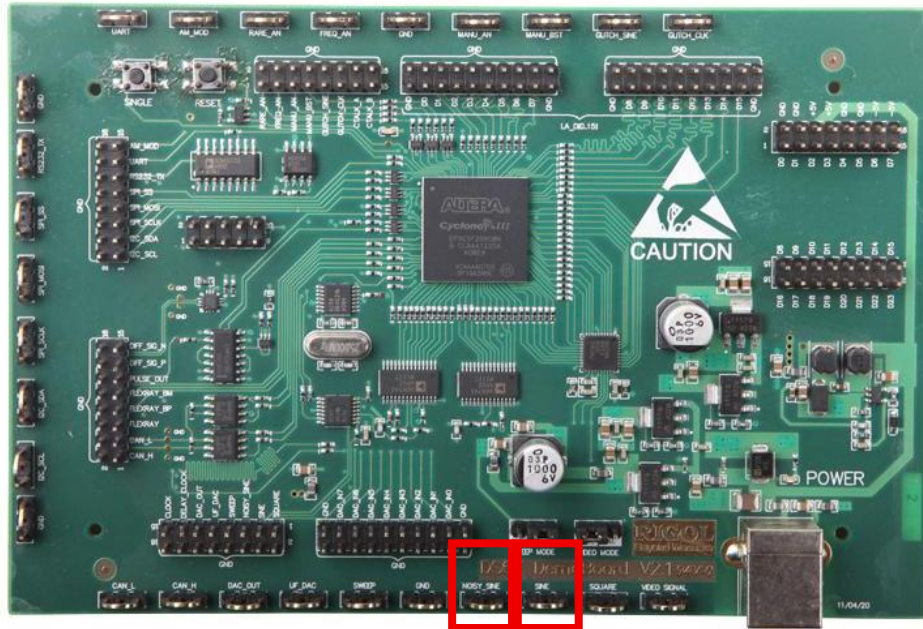


그림 17-7. DS6000 데모보드에서 SINE과 NOISE_SINE 핀

- ① 데모보드에서 나오는 SINE 신호를 CH1에 연결합니다.
- ② 데모보드에서 나오는 NOISE_SINE 신호를 CH2에 연결합니다.
- ③ 두 프로브의 GND를 데모보드의 GND 핀에 연결합니다.
- ④ AUTO를 눌러 오실로스코프에 정상적인 파형이 들어오는 지 확인합니다.
- ⑤ A+B와 A-B 기능을 실습하기 위해 MATH 메뉴를 눌러 MATH > On > Operator: A+B/A-B를 선택합니다. 각각 Source A: CH1, Source B: CH2으로 설정합니다. 이렇게 A+B의 연산 결과와 A-B의 연산 결과를 얻을 수 있습니다.
- ⑥ AxB와 적분과 미분에 대한 결과도 동일한 형태로 얻을 수 있습니다.

4. 결과 확인

- 각 연산별 MATH 파형 캡처해서 제출합니다.
- A-B 결과에서 노이즈가 분리되어서 나오고 있는 지 확인합니다.

5. 확인 문제

1. A-B 연산이 신호 분석에서 중요한 이유는 무엇인가요?

2. 전력 분석에서 AxB 연산이 필요한 이유를 설명하세요.

6. 핵심요약

- MATH 기능은 오실로스코프를 분석 장비로 확장시킨다.
- $A+B$, $A-B$ 는 신호 합성과 오차 분석의 핵심 도구이다.
- $A \times B$ 는 순간 전력 분석의 기본이다.
- 적분, 미분은 물리량 유도과 이벤트 검출에 강력하다.
- Logic 연산은 디지털 조건 검증에 매우 효과적이다.