

10장. 오실로스코프 FFT와 주파수 스펙트럼 분석



1. 학습개요

목표

1. FFT(Fast Fourier Transform)의 개념과 시간 영역에서 주파수 영역으로 변환의 의미를 이해한다.
2. 오실로스코프 Math - FFT 기능을 사용하여 주파수 스펙트럼을 표시한다.
3. 사각파 신호의 기본 주파수와 고조파 성분을 스펙트럼에서 확인한다.
4. Peak Search 기능을 활용하여 주요 주파수 성분을 빠르게 분석한다.

2. 이론

오실로스코프는 기본적으로 시간에 따라 변하는 신호(시간 영역)를 관찰하는 장비이다. 하지만 실제 신호 분석에서는 이 신호가 어떤 주파수 성분으로 구성되어 있는지를 파악하는 것이 매우 중요하다. FFT(Fast Fourier Transform)는 시간 영역의 신호를 주파수 성분으로 분해하여 각 주파수 성분의 크기를 스펙트럼 형태로 보여주는 수학적 변환이다.

2.1 시간 영역 vs. 주파수 영역



그림 10-1. 오실로스코프 화면에서의 시간 영역과 주파수 영역 표현

- 시간 영역(Time Domain): 전압이 시간에 따라 어떻게 변하는 지를 표시합니다. 파형의 모양, 에지, 노이즈 등의 확인에 유리합니다.
- 주파수 영역(Frequency Domain): 신호를 구성하는 주파수 성분과 크기를 표시합니다. 기본 주파수, 고조파, 스푸리어스, 노이즈 분석에 유리합니다.

2.2 FFT(Fast Fourier Transform)의 개념

FFT(Fast Fourier Transform)는 시간에 따라 변하는 파형(시간 영역)을 그 신호를 구성하는 주파수 성분(주파수 영역)으로 분해해서 보여주는 방법입니다. 쉽게 말해, 우리가 오실로스코프에서 보는 복잡한 파형도 사실은 여러 개의 사인파가 서로 다른 주파수와 크기, 위상으로 합쳐져 만들어진 결과이며 FFT는 그 재료 목록을 뽑아주는 기능입니다.

A. FFT의 역할

시간 영역에서는 파형 모양이 보이지만, 어떤 주파수가 얼마나 섞였는지는 직관적으로 알기 어렵습니다. FFT는 파형을 주파수별로 나누어서, 각 주파수 성분의 크기를 막대(피크)로 보여줍니다. 이를 통해 기본 주파수, 고조파, 스퓨리어스, 노이즈 플로어(Noise Floor) 등을 한 번에 확인할 수 있습니다.

B. FFT의 정보

- 주파수(Frequency, 단위: Hz)

스펙트럼의 가로축으로, 실제 어떤 주파수가 존재하는가를 의미합니다. 원하는 주파수와 고조파, 그리고 원치 않는 스퍼를 구분하는 기준이 될 수 있습니다.

- 크기(Magnitude)

스펙트럼의 세로축으로, 해당 주파수 성분이 얼마나 강한지를 의미합니다. 오실로스코프 설정에 따라 단위가 달라질 수 있습니다. V(Voltage)는 직관적으로 전압 크기를 볼 때 사용하며, dBV의 경우 로그 스케일이라 크고 작은 성분을 한 화면에서 비교하기 쉬워 주로 사용됩니다.



그림 10-2. FFT의 Peak Search 기능

C. FFT의 장점

오실로스코프 FFT는 별도의 소프트웨어 없이도 측정 현장에서 바로 사용할 수 있어 좋습니다. 이를 이용하면 시간 영역에서 파형이 흔들리거나 왜곡되는 순간이 어떤 주파수 성분을 가지는 지 바로 확인할 수 있습니다. 또한 Peak Search 기능을 활용하면, 주파수 성분을 자동으로 검출하기 때문에 사람 눈으로 피크를 보는 대신 자동으로 리스팅해서 빠르게 파악할 수 있습니다. 또한 신호 품질을 확인할 때, 신호가 원하는 주파수에 제대로 생성 되는지 고조파가 과도하게 크지

는 않은지 특정 대역에 불필요한 스퍼가 있는 지 등을 빠르게 판단할 수 있습니다.

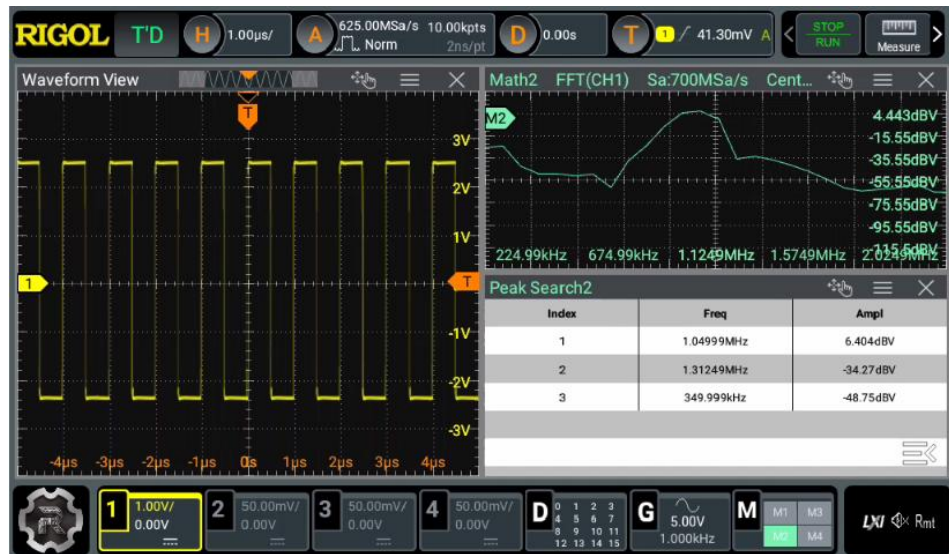


그림 10-3. 충분한 샘플이 존재하지 않아 스펙트럼이 누그러진 현상

D. FFT를 사용할 때 알아두면 좋은 정보

FFT는 좋은 도구이지만 설정에 따라 스펙트럼이 달라질 수 있습니다. 따라서 FFT는 항상 절대값이라고 생각하기 보다는 설정 조건 하에서의 분석값이라고 이해하는 편이 맞습니다. 만약, 시간축과 샘플 수가 부족하면 스펙트럼이 거칠어지고 피크가 불안정해집니다. 또한 주파수 도메인에서의 Span(표시 주파수 범위)을 너무 좁게 잡으면 원하는 고조파가 화면 밖으로 나가 확인이 어려울 수 있습니다. 윈도우(Window) 설정에 따라 누설(Leakage)이나 피크 모양이 달라질 수 있습니다. 전압이 High(90%)에서 Low(10%)로 떨어지는 데 걸리는 시간을 의미합니다. 하강 시간 역시 회로의 응답 특성을 반영하며, 느릴 경우 타이밍 지연이나 파형 왜곡이 발생할 수 있습니다. 커서로 90%와 10% 구간을 지정하여 ΔT 를 측정하거나, 자동 측정 메뉴에서 Fall Time을 선택합니다.

2.3 사각파와 고조파(Harmonics)

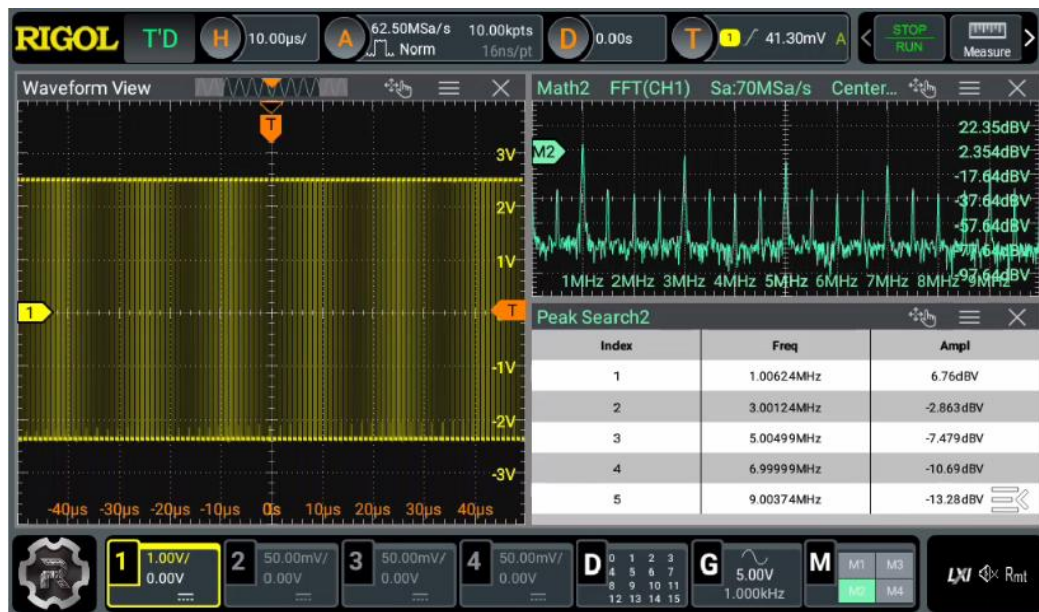


그림 10-4. 1MHz 사각파의 FFT 모습

사각파(Square Wave)는 겉보기에는 단순히 High와 Low를 반복하는 파형처럼 보이지만, 주파수 관점에서 보면 매우 많은 주파수 성분이 합쳐져 만들어진 복합 신호입니다. 즉, 사각파는 단일 주파수 신호가 아니며, FFT 분석을 통해 그 내부 구성을 명확하게 확인할 수 있습니다.

A. 사각파에 고조파가 생기는 이유

사각파의 가장 큰 특징은 급격한 상승,하강 에지입니다. 전압이 짧은 시간 안에 갑자기 변하기 때문에 이는 시간 영역에서는 날카로운 에지로 보이고, 주파수 영역에서는 고주파 성분이 많이 필요한 것으로 이야기 할 수 있습니다. 이론적으로 생각해보면, 에지가 완벽하게 수직인 사각파를 만들기 위해서는 무한대의 주파수 성분이 필요합니다. 하지만 실제 회로와 계측기에서는 대역폭 제한이 있으므로 일정 범위까지만 고조파가 나타나고, 그 이후는 점점 감소됩니다.

B. 사각파의 주파수 구성

이상적인 사각파는 다음과 같은 성분의 합으로 표현됩니다. 기본주파수 (f)와 대칭적인 50% duty를 가지는 사각파 기준으로 홀수배의 고조파만 존재합니다.

C. 사각파 FFT 스펙트럼 해석

그림 10-4에 보이는 것과 같이 기본 주파수를 1MHz로 가지는 사각파를 스펙트럼 해석해보면, 주요 고조파는 3MHz, 5MHz, 7MHz, 9MHz 각 3차, 5차, 7차, 9차 고조파로 나타납니다. 1MHz에서 가장 큰 피크를 나타내며 주파수가 증가할수록 피크 크기는 점점 감소됩니다. 이 패턴이 유지된다면 신호가 정상적인 사각파 형태로 생성되고 있다고 판단할 수 있습니다.

D. 고조파 크기가 의미하는 것

고조파의 크기는 사각파의 품질과 직접적으로 연결됩니다. 고조파가 충분히 포함된 경우 에지가 가파르고 이상적인 사각파의 가깝습니다. 즉, FFT 스펙트럼은 단순한 주파수 표시가 아니라 회로 상태를 진단하는 힌트를 제공합니다.

3. 기본 실습

준비물: 오실로스코프, 파형발생기, BNC to BNC 케이블

3.1 사각파 신호 생성 및 측정

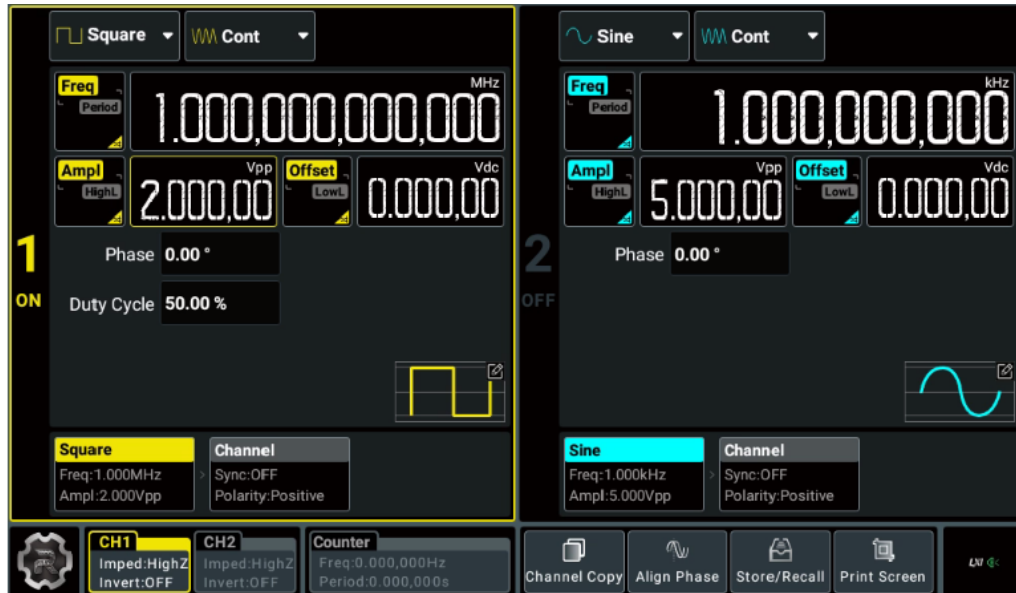


그림 10-5. 파형발생기 1MHz, 50% Duty, 2Vpp 파형 출력

- ① 파형발생기 CH1에서 펄스 신호(1MHz, 50% Duty, 2 Vpp)를 출력합니다.
- ② BNC to BNC 케이블을 활용하여 파형발생기 CH1과 오실로스코프 CH1를 연결합니다.



그림 10-6. 오실로스코프 사각파 표현 확인

- ③ AUTO 버튼을 눌러 시간 영역에서 정상적인 사각파가 표시되는 지 확인합니다.

3.2 FFT 설정 및 실행

- ① 오실로스코프 하단의  (Math) 버튼을 눌러 Math 기능을 켵니다.
- ② 새롭게 뜬 Math 화면에서 우측 상단의  Setup 버튼을 눌러 설정을 켵니다.

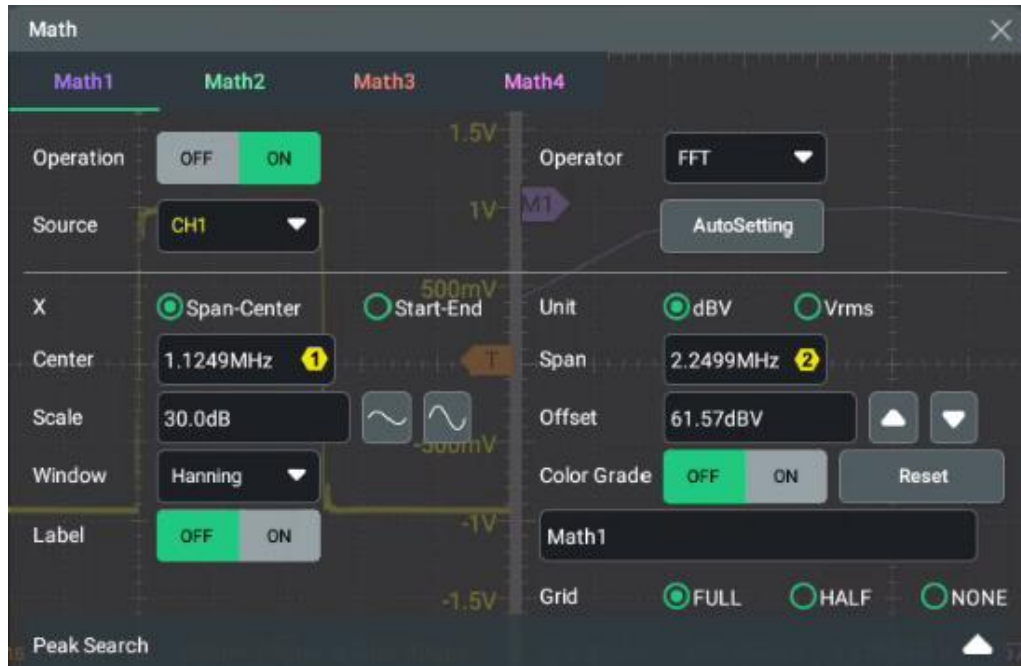


그림 10-7. Math 설정화면

- ③ Math 설정에서 Operator를 FFT로 변경합니다.
- ④ AutoSetting을 눌러도 FFT 화면 상의 스펙트럼이 날카롭게 나오지 않는 것을 확인할 수 있습니다.
- ⑤ 이 때 수평축 스케일 노브를 왼쪽으로 돌려 더 많은 샘플수를 확보할 수 있도록 조절합니다.
- ⑥ 수평축 스케일이 20us/div가 될 수 있도록 조절한 후 FFT 파형을 살펴봅니다.
- ⑦ Math 설정 창에서 X를 Start-End로 변경해주고 Start를 0Hz, End를 10MHz로 변경해 줍니다.
- ⑧ Math 설정 창에서 아래의 Peak Search 탭을 누르면 Peak Search에 대한 설정을 할 수 있습니다. Peak Search를 On하고 Peak Number는 5, Threshold는 -60dBV로 맞추어줍니다.
- ⑨ Peak Search 표가 뜨면 각각의 Frequency와 Amplitude값을 관찰합니다.

4. 결과 확인

FFT까지 완료하여 Peak Search 화면이 활성화된 채로 5개의 Peak가 나올 수 있도록 하여 화면을 저장하여 제출합니다.

1MHz, 2Vpp, 50% Duty의 사각파를 쏘았을 때의 기본 주파수와 고조파에 대하여 작성하여 제출합니다.

1MHz, 2Vpp의 신호에서 Duty를 30%로 변경하였을 때 FFT가 어떻게 변화하는 지 설명하고, 그때의 결과가 차이나는 이유에 대해 생각해봅니다.

5. 확인 문제

1. FFT 분석을 사용하는 가장 큰 목적은 무엇인가요?

2. 사각파 FFT 스펙트럼에서 고조파는 어떤 특징을 가지나요?

3. FFT 스펙트럼이 깨끗하게 보이지 않을 때 조정할 수 있는 설정은 무엇일까요?

6. 핵심요약

- FFT는 시간 영역 신호를 주파수 성분으로 분해하는 분석 기법이다.
- 사각파는 기본 주파수와 홀수배 고조파로 구성된다.
- 오실로스코프 FFT 기능은 빠른 주파수 분석에 매우 효과적이다.
- Peak Search 기능을 활용하면 주요 주파수 성분을 자동으로 검출할 수 있다.

7. 참고 및 부록

용어집:

- FFT(Fast Fourier Transform): 시간 신호를 주파수 성분으로 변환하는 알고리즘
- Spectrum: 주파수 성분과 크기를 표시한 그래프
- 기본 주파수(Fundamental Frequency): 신호의 기본이 되는 주파수
- 고조파(Harmonics): 기본 주파수의 정수배 주파수 성분
- Span: FFT에서 표시되는 주파수 범위