

반도체는 오늘날 어디에서나 찾아볼 수 있는 통신 및 컴퓨팅 시스템을 구성하는 기본 요소입니다. 소비 가전 제품과 우주 항공 기술의 토대를 이루며 산업 시스템과 환경 통제 및 기타여러 분야를 지원합니다. 이 응용 자료에서는 신호 소스로 알려진 측정 기기를 통해 일부 기본적인 반도체 디바이스의 동작을 정확히 평가할 수 있는 방법에 대해 알아보기로 하겠습니다. 본 자료의 주제는 새로운 반도체 디바이스를 개발하는 설계자는 물론 이러한 장비를 일반 사용자 제품으로 설계하는 엔지니어들에게도 흥미로운 주제가 될 것입니다.

반도체 특성화란?

갖은 노력 끝에 레이아웃과 프로세스 모델링 작업을 마치고 나면 새로운 반도체 부품의 "첫 번째 실리콘" 원형이 탄생하게 됩니다.

이 원형은 예상대로 작동될까요? 내부의 누적 허용 오차와 회로 요소들간의 보이지 않는 상호작용으로 인해 의도했던 성능에서 벗어날 가능성이 항상 존재합니다. 따라서 디바이스가 기본 설계 사양을 충족하는지 확인하기 위한 테스트가 필요합니다. 이러한 단계를 설계 확인 또는 검증이라고 하며, 이를 통해 설계대로 정확히 작동된다는 것이 입증됩니다.



▶ 응용 자료

보다 포괄적인 두 번째 특성화 테스트는 디바이스의 "마진"과 작동 여유를 결정하는 테스트입니다. 본 응용 자료의 주요 주제이기도 한 특성화는 디바이스의 실제 성능 한계를 측정하는 일입니다. 이러한 한계에 문제가 없음이 확인되면 제조 허용 오차를 결정하고 산출 목표를 설정하여 데이터시트를 인쇄할 수 있습니다. 반대로 특성화가 부족하면 디바이스를 다시 설계 부서로 돌려보내서 또 다른 조정 과정을 거쳐야 할 수 있습니다. 특성화는 반도체 설계 공정에서 중요한 역할을 담당합니다.

특성화 측정은 간단한 아날로그 OP 앰프에서부터 고속 디지털 통신 스위치나 CPU에 이르기까지 거의 모든 신규 반도체 설계에 필요한 것입니다. 전체 측정 방식에는 아날로그와 디지털 매개변수가 모두 포함됩니다. 여기에는 최대 주파수(Fmax), 임계 전압, 감도, 이득, 슬루율, 아날로그 측면의 안정화 시간, 설정/보류 시간, 착오에 대한 허용 오차, 디지털 영역의 지터 및 스큐 등이 해당될 수 있습니다.

스트레스 테스트로 알려진 세 번째 측정 단계는 특성화 과정에 포함될 수도 있고 별도의 단계로 분리하여 수행할 수도 있습니다. 스트레스 테스트에서는 디바이스를 신호 착오, 타이밍 충돌, 진폭 오류, 열 전사 변화 및 기타 문제성이 있는 비정상적 상황에 노출시킵니다. 이 테스트의 목적은 사양을 충족하더라도 일시적인 진폭 피크를 만날 경우 장애를 일으키는 입력 버퍼와 같이, 발생할 수 있는 문제점들을 탐지하는 것입니다.

이러한 상황들을 미리 파악하여 해결책을 찾아냄으로써 막대한 비용을 초래할 수 있는 리콜 사태를 예방할 수 있습니다.

복잡성 및 작동 주파수의 증가는 반도체 기술 발전 과정에서 변함없이 고려되는 요인입니다. 이러한 요인은 일반 사용자 입장에서는 상당한 이점이 될 수 있으나 설계자나 새로운 부품을 특성화해야 하는 테스트 엔지니어로서는 어려운 과제입니다.

가장 중요한 것은 늘어나는 복잡성과 속도 요구사항으로 인해 엔지니어들이 테스트 디바이스 요구를 충족하면서도 비용 효과적인 측정 솔루션을 찾고 있다는 점입니다.

본 문서에서는 그 외에도 반도체 측정 분야에서 신호 소스를 사용하는 경우에 대해 설명할 것입니다. 해당되는 경우 테스트에서의 오실로스코프의 역할에 대해서도 간단히 설명할 것입니다. 오실로스코프 애플리케이션에 대한 자세한 내용을 보려면 www.tektronix.com에서 Product Portfolio 메뉴 중 "Oscilloscopes"를 선택한 후 "Find By Application"을 클릭하십시오.

신호 소스: 특성화의 기초 신호 소스란 무엇이며 왜 필요한가?

"신호 소스"라는 용어에는 함수 제너레이터, 펄스 제너레이터, RF 소스, 임의 파형 제너레이터 등이 포함됩니다. 신호 소스는 모든 종류의 측정 분야에서 일반적으로 사용됩니다. 대체적으로 신호 소스는 알려진 속성을 가진 제어된 신호를 제공합니다.

신호는 새롭게 설계된 회로 요소를 실행하므로 아직 설계에 통합되지 않은 부품을 대신하는 역할을 수행합니다. "자극" 신호에 대한 응답은 알려진 대로, 회로의 성능을 측정하는 것입니다.

반도체 특성화를 위해서는 신호 소스가 다양한 아날로그와 디지털 파형을 모두 만들어 낼 수 있어야 합니다. 결과적으로 함수 제너레이터는 특성화 연구의 핵심적인 중추로 자리잡게 되었습니다. 이와 같이 비용 효율적인 기기는 정현파, 구형파, 펄스파, 삼각파 등의 다양한 함수(수학적 알고리즘을 바탕으로 한 파형) 중에서 선택할 수 있습니다.

▶ 응용 자료

"arb" 또는 AWG로 알려진 임의 파형 제너레이터는 이보다 훨씬 더 유연한 디바이스입니다. 전 기능을 갖춘 이 툴은 상상할 수 있는 모든 파형의 복제가 가능하며, 오실로스코프에서 획득된 신호를 모방할 수도 있습니다. 디지털 샘플링은 AWG를 위한 기본 아키텍처입니다.

세 번째 신호 소스 아키텍처는 함수 제너레이터와 AWG 플랫폼을 연결합니다. 이것은 임의/함수 제너레이터(AFG)로서, 그 이름에도 알 수 있듯이 임의 파형 기능을 가지고 있는 함수 제너레이터입니다. AFG는 반도체 특성화에 필요한 필수 기능과 다목적성을 제공합니다. AWG에 비해 저렴하고 성능 면에서도 다소 차이가 나는 AFG는 샘플링 기술과 DDS(Direct Digital Synthesis: 직접 디지털 합성, 박스 정보 참조)를 모두 이용하여 매우 다양한 파형과 과도 상태, 의도적인 왜곡을 만들어냅니다.

신호 소스 선택

있습니다.

대역폭, 정확도, 진폭 분해능, 메모리 깊이와 같은 신호 소스 "배너" 사양이 중요하다는 것을 모르는 엔지니어는 없을 것입니다.

그러나 "부차적인" 기능 역시 중요합니다. DUT가 펄스 에지 변형에 대한 응답을 광범위하게 특성화해야 합니까? 독립형 상승/하강 시간 프로그래밍을 허용하는 기기를 선택하는 것이 좋을 것입니다. 통신 디바이스를 테스트하는 중입니까? 내장형 변조기는 AM, FM, PM, FSK, PWM에 필요한 측정 속도를 가속화할 수 있습니다. 마찬가지로 통합형 노이즈 발생기는 신호 대 노이즈, 주파수 응답 등의 다양한 테스트에 유용하게 사용됩니다.

사용자 인터페이스 기능 역시 반드시 고려해야 할 사항입니다. 새로 나온 AFG 등급은 대형 컬러 디스플레이를 통해 현재 유효한 모든 설정 내용을 요약하여 표시할 뿐 아니라, 현재 생성되는 파형을 그래픽으로 보여줍니다. 읽기 편한 디스플레이와 함께 기기 작동을 단순화하고 속도를 높여주는 바로가기 키와 수준 높은 메뉴가 제공됩니다. 초보자라도 신속하게 기기 작동법을 익힐 수 있으며, 숙련된 테스트 엔지니어라면 더 많은 일을 빠른 시간 내에 수행할 수

소프트웨어 파형 개발 툴은 복잡한 작업의 속도를 높이고 문서화 및 프로세스 제어를 지원합니다. 벤치탑 기기에 PC를 연결하는 것이 보편화되고 있는 상황이므로 강력한 파형 생성 소프트웨어 패키지가 반드시 필요합니다.

애플리케이션 사례

참고: 다음 애플리케이션 사례에서 Tektronix AFG3000 시리즈 기기는 필요한 모든 자극 신호를 제공하게 됩니다. 약자로 표기된 "AFG"는 AFG3000 시리즈의 해당 모델을 의미합니다.

컴퍼레이터 성능 특성화

아날로그 컴퍼레이터는 아날로그 및 디지털 환경을 연결하는 필수 게이트웨이입니다. 아날로그 컴퍼레이터에 "-"(비반전) 입력의 임계 전압보다 큰 "+"(비반전) 입력의 아날로그 전압이 탐지될 경우, 컴퍼레이터의 출력은 이미 결정된 이진 값으로 전환됩니다. 이 컴퍼레이터는 작동 방식이 단순하여 오늘날 전자 시스템에서 가장 일반적으로 사용되고 있습니다.

컴퍼레이터의 효과는 다음과 같은 여러 요인에 따라 달라집니다.

- 임계값을 정확히 탐지하고 올바르게 응답하는가?
- 입력 전압이 전환 임계값에 근접할 경우 어떻게 반응하는가?
- 듀티 사이클 변동, 느린 상승 시간 및 기타 신호 결함을 어떻게 처리하는가?

이들은 특성화 측정과 관련된 질문들 중 극히 일부분일 뿐입니다. 다음 설명에서는 Tektronix TDS5000 시리즈 중 하나인 오실로스코프와 AFG 및 10X 오실로스코프 프로브 2개를 사용할 것입니다.

▶ 응용 자료

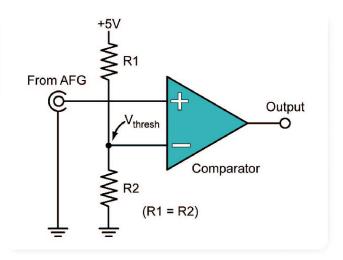
테스트 대상 디바이스

이 사례에서 테스트 대상 디바이스(DUT)는 비교적 낮은 대역폭을 가지고 있는 "일반" 아날로그 컴퍼레이터이지만, 여기서 설명하는 테스트는 대역폭과 관계없이 이와 유사한 디바이스에 모두 적용할 수 있습니다. 그림 1은 디바이스 테스트 설비의 배선 약도입니다.

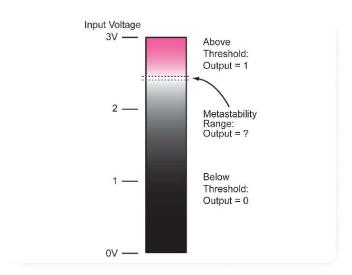
준안전성 및 임계값 특성 테스트

첫 번째 특성화 테스트에서는 동적으로 변화하는 자극 신호에 따라 디바이스 출력이 전환되는 전압 수준을 결정합니다. 컴퍼레이터의 비반전 입력은 R1과 R2로 구성된 전압 분할기에 의해 설정된 Vthresh 값보다 큰 전압을 찾습니다. 그림 1에 나타난 2개의 저항기는 같은 값을 가지고 있고 전원 공급은 +5V이므로 이 경우 임계 전압은 +2.5V가 될 것입니다. 따라서 컴퍼레이터 출력은 특정 허용 오차 범위 내에서 입력 전압이 이 값을 초과할 때 전환되어야 합니다. 처음에 이 매개변수를 측정할 때는 가변 DC 전원을 사용하는 것이 일반적이지만, AC 조건에서는 전혀 다른 결과가 유도될 수 있습니다. 따라서 컴퍼레이터의 동적 스위칭 성능을 확인하고 허용 오차를 결정하는 것이 특성화 절차를 통해 해야 할 일입니다.

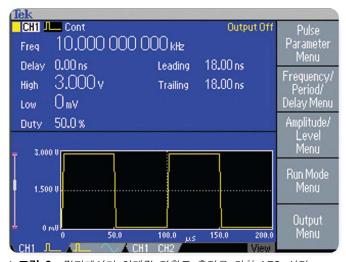
테스트는 컴퍼레이터의 비반전 입력에 10kHz 펄스를 적용하는 것과 출력이 준안정 상태가 될 때까지 진폭을 변동하는 것으로 구성됩니다. 준안전성은 출력을 예측할 수 없는 임계값 "불확실성" 상태를 의미합니다. 예를 들어 출력이 어떤 주기 중에는 2.48V에서 변할 수 있으나 다음 주기 동안에는 같은 수준에서 변하지 않는 경우입니다. 설계자가 준안전성 범위를 벗어날 수 있도록 도와주는 보호 대역 사양을 수립하는데 그 목적이 있습니다. 그림 2에는 준안전성이 입력 전압 범위 중 일부와 어떤 관계가 있는지가나타나 있습니다.



▶그림 1. 컴퍼레이터 테스트 설비



▶ 그림 2. 준안정성 범위는 컴퍼레이터의 출력 예측이 불가능한 좁은 전압대를 말합니다.



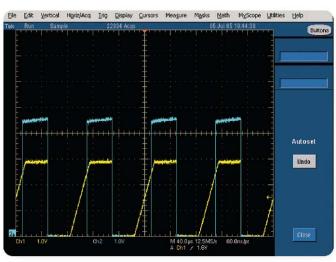
▶그림 3. 컴퍼레이터 임계값 정확도 측정을 위한 AFG 설정

그림 3은 임계값 정확성 특성화를 위한 파형 설정을 보여주는 화면입니다.

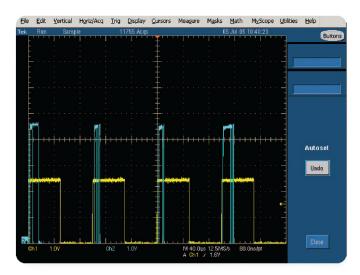
신호 소스는 Tektronix AFG3000 시리즈 임의/함수 제너레이터입니다. 기기의 대형 컬러 화면에 관련된 모든 숫자 설정은 물론 파형과 그 진폭 수준이 표시되므로 설정 절차가 단순화됩니다. 펄스 주기의 주파수는 10kHz입니다. 각 양방향 펄스 에지가 2.5V 임계값을 넘어설 때 컴퍼레이터는 로직 "1"로 바뀌지만, 음방향 에지는 같은 임계 전압에서 출력이 로직 "0"으로 전환되도록 해야 합니다.

그림 4a에 이러한 기본 기능이 잘 나타나 있습니다. 여기서 오실로스코프의 2개 채널은 컴퍼레이터의 입력과 출력을 각각 모니터링합니다. 입력 궤적은 노란색이고 출력 궤적은 파란색입니다. 컴퍼레이터의 출력은 입력 신호와 나란히 진행됩니다.

준안정성 지점을 결정하려면 그림 4b와 같이 컴퍼레이터 출력이 불규칙하게 변하기 시작할 때까지 입력 신호의 진폭을 줄여야 합니다.



▶그림 4a. 파란색 출력 궤적을 보면 컴퍼레이터가 예상대로 입력(노란색 궤적)에 따라 변환되고 있음을 알 수 있습니다.



▶그림 4b. 입력의 진폭(노란색 궤적)을 줄여 출력이 불규칙하게 변환되기 시작하는 지점을 찾아냅니다.

▶ 응용 자료

듀티 사이클 변동

입력 신호의 듀티 사이클이 임계값 영역에서 컴퍼레이터의 준안정성 동작의 요인이 되는 경우가 많습니다. 이러한 현상은 AFG의 "듀티/폭" 함수를 사용하여 간단히 특성화할 수 있습니다. 이전 단계에서 기본 임계값 수준이 확인되면 해당 수준에 맞춰 임계값을 설정하고 준안정성 상황이 다시 나타날 때까지 듀티 사이클을 낮춥니다. 듀티 사이클이 99%에 도달할 때까지는 문제가 발생하지 않을 것입니다.

그 지점에서 출력이 안정될 때까지 입력 전압을 높이고 해당 전압을 오실로스코프로 측정합니다. 이것이 실제 임계값이 됩니다.

에지 전이 시간 변동

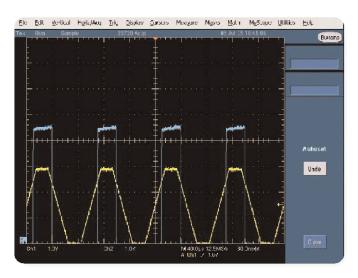
입력 신호의 슬로프(상승 및 하강 시간)를 조정함으로써 컴퍼레이터의 임계값 동작 상황을 자세히 살펴볼 수 있습니다. AFG의 펄스 모드를 통해 상승 및 하강 시간을 별도로 설정할 수 있습니다. 듀티 사이클을 50%로 재설정하고 에지 변이 시간을 25마이크로 초까지 늘이십시오. 컴퍼레이터 출력 시 펄스 폭에 미치는 영향을 주시합니다. 그림 5의 경우보다 훨씬 더 폭이 좁아집니다.

증폭기 또는 필터 성능 특성화

모든 신제품 반도체 증폭기 및 필터 설계에는 제품이 설계 목적을 준수하는지 확인하기 위해 반드시 측정되어야 하는 밴드패스 특성화가 있습니다.

대부분의 증폭기는 음속 이하 또는 RF인지에 관계없이 각 애플리케이션에 적합한 주파수 범위에서 선형으로 응답하도록 설계됩니다.

마찬가지로 필터는 사전 결정된 주파수 대역을 허용하고 그 외의 것은 낮추거나 거부하도록 설계됩니다.



▶그림 5. 입력 전이 시간이 증가하면 컴퍼레이터 출력이 변경됩니다.

두 가지 유형의 구성 요소 모두 주파수와 진폭 비교에서 보는 것과 같이, 비교적 평탄한(flat) 선형 주파수 범위를 갖는 경향이 있습니다. 이 범위의 어느 한 쪽 끝에서는 차츰 줄어드는 진폭 응답이 나타납니다. 증폭기나 필터의 응답이 피크 대 피크 진폭에서 -3 dB 줄어드는 지점이 대역폭 경계를 결정합니다. 대부분의 설계자들은 주파수 경계를 결정할 때 "스위프" 정현파 신호를 사용합니다. 오실로스코프 상에 나타난 증폭기 또는 필터 출력 신호 엔빌로프는 입력 신호가 구성요소의 통과 대역을 통과할 때 최고 출력을 나타내며 기타 모든 주파수에서 점차 줄어듭니다.

이 적용 사례에서는 필터를 점검하고 출력 진폭이 피크 대 피크 값의 70.71%인 상위 주파수를 측정할 것입니다. 이 절차는 증폭기 측정에도 똑같이 적용할 수 있습니다. 도구로는 역시 AFG와 프로브가 달린 오실로스코프가 필요합니다. DUT에 대한 입력 신호를 모니터링할 필요가 없으므로 오실로스코프 채널은 하나로 충분합니다.

주파수 대역 통과

AFG의 스위프 모드 버튼을 누르면 파형 자체를 보여주는 것은 물론 모든 필수 파형 설정이 표시된 화면이 나타납니다. 그림 6에 이 화면이 나와 있습니다. 앞에서와 마찬가지로 매개변수는 소프트 키, 전면 패널 숫자 항목, 스크롤 휠의 조합으로 구성됩니다.

화면 하단 가까이에 있는 파형 프레임을 살펴 보십시오. 생성된 신호에 대해 진폭, 주파수 끝점, 주파수를 서서히 높이는 "램프" 슬로프, 스위프 총 길이(시간) 등 두드러진 모든 세부 정보가 요약되어 있습니다. 스위프 종단의 반환 시간(1ms)에 주목할 필요가 있습니다. 이것은 신호가 시작 주파수에 머물러 있다가 새로운 스위프를 시작하는 지점이기 때문입니다.

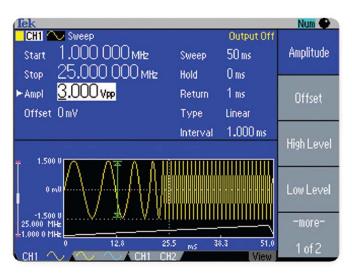
DUT를 통해 신호를 주입하면 그림 7과 같은 결과가 나타납니다. 여기서 오실로스코프 트리거 지점은 계수선의 왼쪽 에지에 정확히 위치하며 수평 범위가 설정되어 하나의 스위프 전체를 표시합니다.

파형이 나타나면서 필터는 스위프 범위 중 가장 낮은 주파수들을 거부하지만 스위프가 진행되면서 그 응답은 급속히 상승합니다. 광범위한 플랫 응답이 이어지다가 스위프 주파수가 일정 지점 이상 상승하면 사라집니다. 이와 같이 응답이 사라지는 지점에 주목할 필요가 있는데, 그 이유는 하강 중의 특정 지점에서 -3dB 포인트를 지나기 때문입니다.

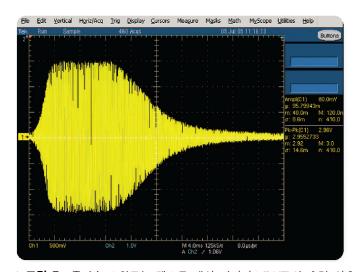
-3dB 포인트로 진행

신호 소스는 오실로스코프의 일부 자동 측정 기능과 함께 -3dB를 찾는데 도움이 될 수 있습니다.

- 측정 작업의 첫 단계는 최대 피크 대 피크 입력 전압이 정확히 파악되는지 확인하는 일입니다. 최신 오실로스코프에는 대체로 화면에 표시된 파형에 대한 자동 P-P(peak-to-peak) 측정 모드가 갖추어져 있습니다. 이 모드를 사용하여 필터 출력 시 측정된 진폭이 원하는 값에 일치할 때까지 AFG 신호 진폭을 조정하십시오. 이 경우에는 3.00V P-P입니다.



▶그림 6. 필터/증폭기 특성화를 위한 설정. 파형 창의 주파수 "스위프"에 주목하십시오.



▶그림 7. 주파수 스위프는 테스트 대상 디바이스(DUT)의 출력 신호 진폭을 변화시켜 특성 주파수 응답 엔빌로프를 보여줍니다.

▶ 응용 자료

- 3 Vp-p 정현파 신호의 -3dB 포인트는 70.71% 또는 2.12V에
- 측정된 진폭이 2.12V가 될 때까지 AFG 스위프의 시작 주파수를 높여줍니다. 그 결과 표시되는 주파수는 -3dB 포인트를 나타냅니다.

이와 같이 간단한 세 단계를 통해 모든 아날로그 증폭기나 필터에 대한 가장 중요한 특성화 결과가 도출됩니다. 이러한 기본 매개변수가 정의되면 DUT의 주파수 응답에 대한 보다 상세한 정보를 관찰할 수 있습니다. AFG의 연속 모드(단일 주파수 파형 출력)를 이용하여 확인된 -3dB 포인트의 기본 주파수를 설정하고 오실로스코프에 미치는 영향을 관찰하면서 미세하게 증가하도록 수동으로 주파수를 변경할 수 있습니다(DUT 출력 파형 중 한두 개 주기만을 보려면 오실로스코프의 시간축 설정 속도를 높여야 함).

이 사례에서 AFG의 사용자 인터페이스와 아키텍처상의 장점은 작업을 효율적으로 완수하는데 핵심적인 역할을 합니다. 스위프 설정 절차를 통해 필요한 자극 신호를 간단히 정의할 수 있습니다. 디스플레이를 이용하여 한눈에 파형 특성화를 확인할 수 있으며, 동일 화면상의 숫자 매개변수로 진폭과 주파수 등에 대해 빠르고 정확한 답을 찾을 수 있습니다.

스크롤링 노브를 통해 -3dB 주파수 탐색 속도를 높일 수 있습니다.

작동 증폭기의 슬루율 성능 특성화

고속 작동 증폭기(OP amp)는 오늘날 가장 일반적으로 사용되는 아날로그 구성요소입니다.

TV 수신기, 셋톱 박스, 비디오 방송 장비, 무선 통신 기지국, 광섬유 제품, 위성 위치추적 시스템(GPS), 레이더 시스템,

위성 수신기, 판매시점 정보관리(POS) 단말기, 카드 리더, 바코드 스캐너 및 기타 다양한 영역에서 찾아볼 수 있습니다.

특정 용도에 적합한 OP amp는 대역폭, 노이즈, 왜곡 특성, 전력 소모량, 이득 가변성, 출력, 안정화 시간 및 슬루율 성능이 선택 기준이 됩니다. 이러한 매개변수를 결정하기 위해 반도체 제조업체들은 자사의 디바이스들을 철저히 측정하여 특성화해야 합니다.

타이밍 특성은 많은 애플리케이션에서 필수적이며 슬루율은 OP amp의 타이밍 동작에 중요한 역할을 합니다. 셋톱 박스와 보안 비디오 애플리케이션에 사용되는 OP amp에는 왜곡율이 아주 낮은 높은 슬루율이 필요합니다. 슬루율과 과도 응답 또한 piezo 전기 디바이스를 가동하는 OP amp 및 상용 잉크젯 프린터, 초음속 클리너, 기타 산업 및 의료 디바이스와 같은 적용 분야에서 극히 미세한 움직임을 추진하는 OP amp에 중요한 요소입니다.

안정화 시간은 신호가 급속히 바뀔 때 데이터 수신 회로와 관련되는 사항입니다. 예를 들어 이는 멀티플렉서가 채널을 전환할 때 발생합니다. OP amp가 멀티플렉서와 아날로그 디지털 컨버터 사이의 버퍼로 사용될 경우 OP amp 출력은 아날로그 디지털 컨버터가 신호를 샘플링하기 전에 신속히 안정되어야 합니다.

OP amp의 과도 응답이나 슬루율 성능은 다양한 요인의 영향을 받습니다. 여기에는 OP amp 자체 구성, 회로판 기생, 내부 전류 제한 및 노드 커패시턴스 등이 해당됩니다. 슬루율 성능은 또한 공급 전압에 따라서도 달라질 수 있는데, 이는 전압이 높을수록 내부 커패시턴스를 충전하기 위해 전류량도 늘어나기 때문입니다.

경우에 따라서는 입력 신호의 상승 및 하강 에지에 대한 OP amp의 과도 응답이 다릅니다. 내부 커패시턴스 충전에 필요한 시간은 두 에지에서 달라질 수 있습니다. 이것이 바로 비대칭 슬루율 성능이라는 것입니다. 이러한 특성은 OP amp가 반전 구성에 사용될지 또는 비반전 구성에 사용될지를 결정하기도 합니다.

OP amp가 사용되는 회로의 최적화를 위해서는 이 구성요소의 슬루율 성능에 대해 자세히 알고 있어야 합니다. 물리적 경계, 포화점, 오버슈트, 안정화 시간 특성들을 잘 알고 있으면 이득 및 피드백 저항기를 최적화할 수 있고 입력 신호 슬루율을 낮출 수 있으며 다른 측정치를 이용하여 원하는 회로 동작을 얻어낼 수 있습니다.

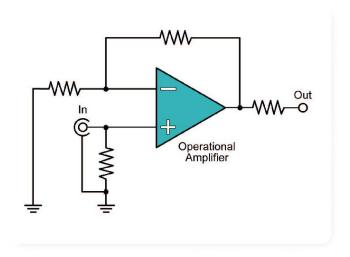
OP amp의 슬루율 성능을 특성화하려면 오실로스코프로 과도 응답을 측정하고 가변 상승 시간, 가변 하강 시간 및 가변 진폭을 가진 펄스 신호로 입력을 자극해주어야 합니다. 사용 중인 신호 소스는 이 모든 매개변수를 전체로서 또한 개별적으로 제어할 수 있어야 합니다. Tektronix AFG3000 시리즈 신호 소스는 대역폭이 넓고 정확성 및 유연성을 제공하므로 정확한 결과를 보장합니다.

OP amp에 대한 자극 및 특성화

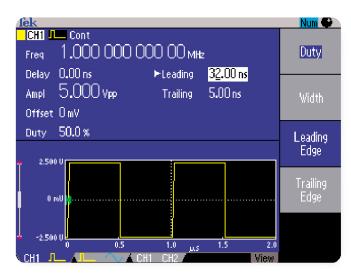
다음 절차는 OP amp 슬루율 특성을 측정하는 과정입니다. 그림 8에는 평가 대상 OP amp의 배선 약도가 나와 있습니다. 이것은 비디오 회선 드라이버에 적용 시 계획된 220MHz 고속 OP amp입니다.

OP amp 가동 펄스 신호

AFG는 펄스파로 OP amp의 비반전 입력을 구동합니다(배선 약도에 "+" 기호로 표시됨). OP amp 출력에 연결된 오실로스코프에서 과도 응답을 측정합니다. AFG의 펄스 함수를 선택하면 그림 9와 같이 신호 주파수 진폭, 펄스 듀티



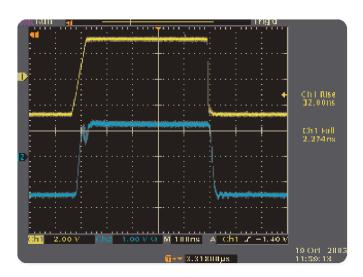
▶그림 8. 작동 증폭기(op amp) 슬루율 특성화 설비



▶그림 9. 슬루율 측정을 위한 AFG 설정

사이클, 리딩 및 트레일링 에지 시간이 디스플레이에 나타납니다. 화면에 그래픽으로 묘사된 펄스 파형을 통해 선택한 설정 내용을 확인할 수 있습니다.

응용 자료



▶그림 10. 입력 신호(노란색)의 상승 시간을 높이면 OPamp 출력의 상승 에지가 변동하기 시작합니다.

OP amp의 슬루율 성능을 최적화하려면 오실로스코프 화면에 나타난 OP amp의 출력 신호를 관찰하면서 리딩 및 트레일링 에지 시간을 변경하십시오(그림 10).

AFG3000에서는 양쪽 에지를 별도로 조작할 수 있습니다. 그림 10에서 OP amp에 대한 입력 신호는 노란색으로, 출력 궤적은 파란색으로 표시되어 있습니다.

트레일링(하강) 에지를 계속 2.5ns로 유지하면서 시작합니다. 리딩(상승) 에지의 전이 시간이 점차 증가하면서 상승 시간이 32ns에 도달하면 출력이 변동하기 시작합니다.

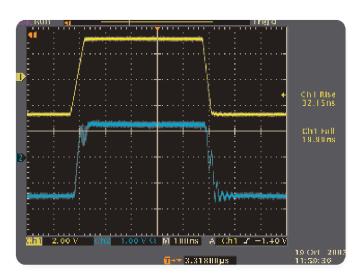
리딩 에지의 32ns 상승 시간을 유지하면서 트레일링 에지의 하강 시간을 서서히 높여줍니다. 그림 11에서와 같이 하강 전이 시간이 약 20ns에 도달하면 OP amp 출력이 변동하기 시작합니다.

분명히 이 OP amp에는 비대칭적인 특성이 있습니다.

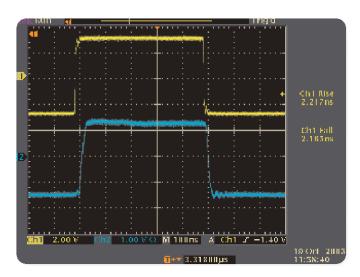
OP amp가 양 에지에서 똑같이 응답할 것이라고 가정했다면 서로 다른 리딩 응답과 트레일링 응답으로 인해 최종 적용 상황에서 오류가 발생하는 디바이스를 통과시키는 실수를 범할 수 있습니다.

이제 파형을 관찰하면서 상승 및 하강 시간을 모두 낮춥니다. 이 경우 전이 시간이 짧아지면서 출력은 점점 "더 선명하게" 됩니다. 그림 12에서 보는 바와 같이 리딩 및 트레일링 에지 시간이 2.5ns로 설정된 경우에 가장 선명한 과도 응답을 얻을 수 있습니다.

이것은 AFG3000으로 얻을 수 있는 가장 짧은 상승 시간입니다.



▶그림 11. 하강 시간 증가. 출력의 트레일링 에지가 일정 지점에서 변동하기 시작합니다.

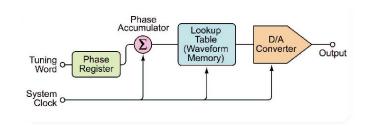


▶그림 12. 리딩 및 트레일링 에지가 모두 2.5ns 전이 시간으로 설정된 경우 안정되고 선명한 출력을 얻을 수 있습니다.

이 특성화 측정에 따라 이 OP amp상의 입력 신호는 상승 시간 32ns 미만, 하강 시간 20ns 미만이어야 한다는 결론을 얻을 수 있습니다. OP amp에 대해 계획된 시스템 입력이 이 값을 초과할 경우 이 작업에는 다른 구성 요소를 선택해야 합니다. 각 신호 환경 요구에 완벽하게 일치하는 OP amp가 있습니다.

▶ 응용 자료

이 사례를 통해 리딩 및 트레일링 에지를 처리할 때 OP amp의 이질적인 슬루율 동작에 대한 이해가 필요함을 알 수 있습니다. 또한 이것은 에지 시간을 별도로 변경할 수 있는 신호 소스의 값을 보여줍니다.



▶그림 SB. DDS 기반 신호 발생 디바이스를 간단히 표시한 블록 다이어그램

DDS(Direct Digital Synthesis)란?

DDS(Direct digital synthesis: 직접 디지털 합성)는 비용 효율적인 최신 고성능 신호 소스 플랫폼을 탄생시킨 기술입니다. DDS는 아날로그 파형을 생성하도록 설계된 진정한 디지털 방식입니다. 출력 주파수 전환이 매우 빠른 디바이스로서, 기존의 임의 파형 제너레이터보다 저렴한 비용으로 뛰어난 주파수 분해능을 얻을 수 있습니다.

DDS 디바이스는 구조적으로 단순하며 위상 어큐뮬레이터, 참조 테이블(메모리), 디지털 아날로그 컨버터(DAC) 및 기타 보조 기능으로 구성되어 있습니다. 그림 SB에 일반적인 DDS 구현이 블록 다이어그램으로 표시되어 있습니다.

DDS 출력 신호는 인입 시스템 클럭(고정 주파수), 외부 주파수 레지스터에 저장된 이진 값, 파형 메모리 내용에 의해 형성됩니다.

주파수 레지스터는 대부분의 업계 참조 시 "제어워드(tuning word)"라고 하는 이진수를 제공합니다. 이 제어워드는 위상 레지스터로 알려진 로컬 버퍼를 통해 위상어큐뮬레이터로 진행합니다. 신호를 생성하기 위해서는주파수 레지스터가 각 클럭 주기 동안 위상 어큐뮬레이터에고정 위상 증분값을 추가합니다. 이름에서 알 수 있듯이, 이요소는 전류 값을 참조 테이블에 대한 인덱스 포인터로사용하면서 연속적인 입력값을 누적 합산합니다.

참조 테이블의 특성은 이 기기의 전반적인 기능에서 핵심이 됩니다. 단순한 함수 제너레이터에는 정해진 파형 유형들이 있습니다.

임의/함수 제너레이터(AFG)는 이 외에도 사용자가 프로그래밍할 수 있는 메모리 공간을 제공하므로 사용자 지정 파형을 저장하고 재생할 수 있습니다. 참조 테이블에서 해당 샘플이 확인되면 DAC는 이진 값을 아날로그 전압으로 전환합니다.

실제 임의 기능을 갖춘 AWG와 DDS에 기반을 둔 AFG 기반이 모두 샘플 메모리에 의존하는 경우라도 이들이 출력 주파수를 결정하는 방식은 아주 다릅니다. AWG는 항상 메모리를 선형으로 읽고 간단히 클럭 속도를 높여서 높은 출력 주파수를 생성합니다.

반면 AFG는 고정된 시스템 클럭 주파수를 유지합니다. 360도 파형 주기가 파형 메모리 전체 용량에 고루 퍼져 있습니다(일부 기기의 경우 최대 131,072개의 샘플 위치). 위상 증가가 크면 AFG는 360도 주기를 신속히 통과하며 앞으로 뛰어넘어 n번째 샘플을 읽는 방식으로 고주파수 신호를 제공합니다. 증가량이 적으면 위상 어큐뮬레이터는 보다 세분화된 단계를 거치고 개별 샘플을 반복하기도 하여 360도를 완전히 통과한 후 저주파수 출력 파형을 만들어냅니다.

DDS 아키텍처는 다양한 핵심적인 성능상의 장점을 제공합니다. 디지털 방식으로 제어되는 세밀한 주파수와 위상 조절 기능을 뛰어난 주파수 민감도와 위상 긴밀성으로 결합합니다. 일관된 조절 분해능은 광범위한 주파수 범위에 대해 예측 가능한 출력 신호 특성을 보장합니다. 이러한 장점을 가진 DDS 기반 신호 발생 툴은 반도체 특성화 등의 수많은 측정 적용 분야로 영역을 확대해 나가고 있습니다.

결론

신호 소스는 오늘날 반도체 특성화 과정에 핵심적인 도구입니다. 새롭게 대두되는 IC 설계의 응답을 특성화하려면 먼저 자극 신호가 있어야 합니다.

신호 소스는 성능 경계를 정의하는데 도움을 주는 신호를 이용하여 테스트 대상 디바이스를 가동시킵니다.

새로운 등급의 DDS 기반 신호 소스는 어느 때보다도 더 높은 성능, 높은 생산성(사용 시 마다), 높은 비용 효율성을 제공합니다. 상승 및 하강 시간을 개별적으로 조정할 수 있으므로 엔지니어들은 초기에 설계상의 결함을 탐지하여 수정 비용을 줄일 수 있습니다. 진폭 및 주파수 정확도는 반복 가능한 결과를 보장하며 다양한 정보가 제공되는 사용자인터페이스를 통해 이러한 결과를 손쉽게 해석할 수 있습니다. 본 문서에 제시된 적용 사례는 이러한 기능 중 단지 일부만을 예로 든 것입니다. 오늘날 DDS 기반 신호 소스는 설계자 개개인의 작업에 적합한 기기에 대해 성능 상의 오류가

용인되지 않는 애플리케이션에 적합한 솔루션입니다.

텍트로닉스 연락처:

동남아시아/대양주/파키스탄 (65) 6356 3900

오스트리아 +41 52 675 3777

발칸, 이스라엘, 남아프리카 및 다른 ISE 국가들 +41 52 675 3777

벨기에 07 81 60166 브라질 및 남미 55 (11) 3741-8360

캐나다 1 (800) 661-5625

중앙동유럽, 우크라이나 및 발트국 +41 52 675 3777

중앙 유럽 및 그리스 +41 52 675 3777

덴마크 +45 80 88 1401

핀란드 +41 52 675 3777

프랑스 및 북아프리카 +33 (0) 1 69 86 81 81

독일 +49 (221) 94 77 400

홍콩 (852) 2585-6688

인도 (91) 80-22275577

이태리 +39 (02) 25086 1

일본 81 (3) 6714-3010

룩셈부르크 +44(0) 1344 392400

멕시코, 중앙아메리카 및 카리브해 52 (55) 56666-333

중동. 아시아 및 북아프리카 +41 52 675 3777

네덜란드 090 02 021797

노르웨이 800 16098

중국 86 (10) 6235 1230

폴란드 +41 52 675 3777

포르투갈 80 08 12370

대한민국 82 (2) 528-5299

러시아 및 CIS 7 095 775 1064

남아프리카 +27 11 254 8360

스페인 (+34) 901 988 054

스웨덴 020 08 80371

스위스 +41 52 675 3777

대만 886 (2) 2722-9622

영국 및 아일랜드 +44(0)1344392400

미국 1 (800) 426-2200

기타 지역: 1 (503) 627-7111

2005년 6월 15일 갱신

텍트로닉스 최신 제품 정보 리소스: www.tektronix.com



Copyright © 2006, 텍트로닉스, Inc. All rights reserved. 텍트로닉스 제품은 현재 등록되어 있거나 출원중인 미국 및 국제 특허의 보호를 받고 있습니다. 이 문서에 포함되어 있는 정보는 이전에 발행된 모든 자료에 실린 내용에 우선합니다. 사양이나 가격 정보는 예고 없이 변경될 수 있습니다. 텍트로닉스 및 TEK은 텍트로닉스, Inc.의 등록 상표입니다. 본 문서에 인용된 다른 모든 상표는 해당 회사의 서비스 마크, 상표 또는 등록 상표입니다.

11/05 FLG/WOW

76K-18660-0

Tektronix	
Enabling Innovation	