

ST의 FlightSense 기술을 기반으로 한 차세대 장거리 비행 시간 센서

데이터시트 - 생산 데이터



응용

- 개인용 컴퓨터/노트북 및 IoT와 같은 장치의 전원을 켜거나 끄고 잠금/잠금 해제하는 사용자 감지(자율 저전력 모드)
- 서비스 로봇 및 진공 청소기(장거리 및 빠른 장애물 감지) • 드론(착륙 지원, 호버링, 천장 감지) • 스마트 선반 및 자동 판매기(상품 재고 모니터링) • 위생(대상 반사율에 관계없이 강력한 사용자 감지) • 스마트 빌딩 및 스마트 조명(사람 감지, 동작 제어)

특징

- 완전히 통합된 소형 모듈
 - 크기: 4.9x2.5x1.56mm
 - 이미터: 940nm 비가시 레이저(Class1)
 - 통합 렌즈가 있는 SPAD(단일 광자 사태 다이오드) 수신 어레이
 - 고급 디지털 펌웨어를 실행하는 저전력 마이크로컨트롤러
- VL53L0X FlightSense 거리 측정 센서와 핀-투-핀 호환
- 빠르고 정확한 장거리 측정
 - 최대 400cm 거리 측정
 - 최대 50Hz 범위 주파수
- 일반적인 전체 시야(FoV): 27°
- 프로그래밍 가능한 관심 영역(ROI) 크기
 - 수신 어레이를 통해 센서 FoV를 줄일 수 있습니다.
- 수신 시 프로그래밍 가능한 ROI 위치
 - 어레이, 호스트에서 다중 영역 작업 제어 제공
- 손쉬운 통합
 - 단일 리플로우 가능 구성요소
 - 다양한 커버 윈도우 소재 뒤에 숨길 수 있음
 - 턴키 범위 지정에 위한 소프트웨어 드라이버 및 코드 예제
 - 단일 전원 공급 장치(2v8)
 - I²C 인터페이스(최대 400kHz)
 - 차단 및 인터럽트 핀

- 1D 제스처 인식 • 레이저 보조 자동 초점을 통해

특히 어려운 장면(낮은 조명 및 낮은 대비) 및 비디오 초점 추적 지원에서 카메라 자동 초점 시스템 속도 및 견고성

설명

VL53L1X는 ST FlightSense 제품군을 향상시키는 최첨단 ToF(Time-of-Flight) 레이저 거리 측정 센서입니다. 최대 4m의 정확한 범위와 최대 50Hz의 빠른 주파수 범위를 갖춘 시장에서 가장 빠른 소형 ToF 센서입니다.

소형 리플로우 가능 패키지에 내장된 이 제품은 SPAD 수신 어레이, 940nm 보이지 않는 Class1 레이저 이미터, 물리적 적외선 필터 및 광학 장치를 통합하여 다양한 커버 창 옵션을 통해 다양한 주변 조명 조건에서 최고의 범위 성능을 달성합니다.

기존 IR 센서와 달리 VL53L1X는 ST의 최신 세대 ToF 기술을 사용하여 대상 색상과 반사율에 관계없이 절대 거리 측정이 가능합니다.

또한 수신 어레이의 ROI 크기를 프로그래밍하여 센서 FoV를 줄일 수도 있습니다.

내용물

1	제품 개요	4
1.1	기술 사양	4
1.2	시스템 블록 다이어그램	4
1.3	장치 핀아웃	5
1.4	응용개략도	6
2	기능 설명	7
2.1	시스템 기능 설명	7
2.2	시스템 상태 머신 설명	8
2.3	고객 제조 교정 흐름	9
2.4	범위 설명	9
2.5	주요 매개변수	10
2.5.1	거리 모드	10
2.5.2	타이밍 예산(TB)	11
2.6	전원 순서	12
2.6.1	전원 켜기 및 부팅 순서	12
2.7	범위 지정 순서	13
2.8	감지 배열 광학 중심	14
삼	다양한 공연	15
3.1	시험 조건	15
3.2	정확성, 반복성 및 범위 오류 정의	16
3.2.1	정확도 정의	16
3.2.2	반복성 정의	16
3.2.3	범위 오류 정의	16
3.3	최소 측정 거리	16
3.4	어두운 환경에서의 공연	16
3.5	주변 조명 조건에서의 성능	17
3.5.1	장거리 모드	17
3.5.2	단거리 모드	17
3.6	어두운 조건에서 부분 ROI 성능	18

4	제어 인터페이스.....	19
4.1	I2C 인터페이스 - 타이밍 특성..	21
4.2	I2C 인터페이스 - 참조 레지스터...	22
5	전기적 특성.....	23
5.1	절대 최대 등급.	23
5.2	권장 작동 조건.	23
5.3	ESD.	23
5.4	현재 소비.	24
5.5	디지털 I/O 전기적 특성.	24
6	외곽선 그리기.....	25
7	레이저 안전 고려 사항.....	28
8	포장 및 라벨링.....	29
8.1	제품 마킹.	29
8.2	내부 상자 라벨링.	29
8.3	포장.	29
8.4	테이프 외형도.	30
8.5	무연 솔더 리플로우 공정.	31
8.6	취급 및 보관상의 주의사항.	32
8.6.1	충격 예방 조치..	32
8.6.2	부품 취급..	32
8.6.3	압축력.	32
8.6.4	수분 민감도 수준..	32
8.7	보관 온도 조건.	32
9	주문정보.....	33
10	두문자어 및 약어.....	33
11	에코팩®.....	33
12	개정 내역.....	34

1 제품개요

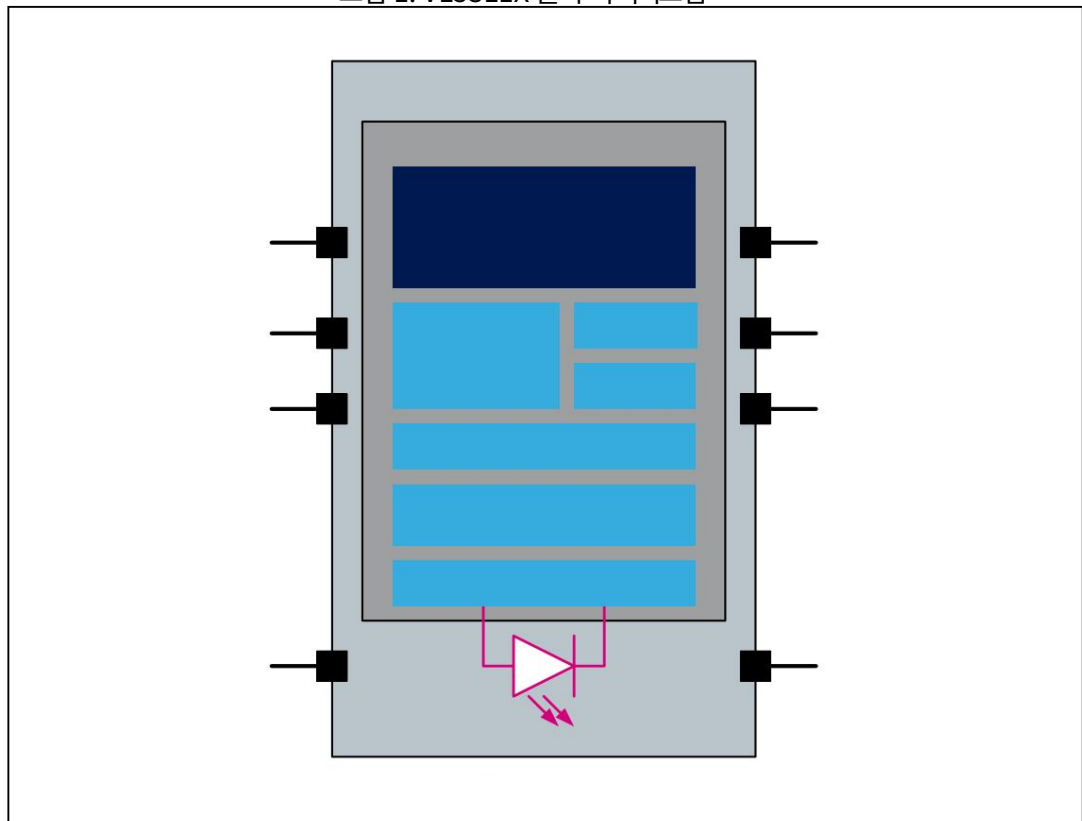
1.1 기술 사양

표 1. 기술 사양

특징	세부 사항
패키지	광학 LGA12
크기	4.9x2.5x1.56mm
작동 전압	2.6~3.5V
작동 온도:	-20~85°C
수신기 시야(대각선 시야)	15도에서 27도까지 프로그래밍 가능
적외선 방출기	940nm
2C	최대 400kHz(고속 모드) 직렬 버스 프로그래밍 가능한 주소, 기본값은 0x52입니다.

1.2 시스템 블록 다이어그램

그림 1. VL53L1X 블록 다이어그램



1.3 장치 핀아웃

그림 2는 VL53L1X의 핀아웃을 보여줍니다(그림 18 참조).

그림 2. VL53L1X 핀아웃(하단 모습)

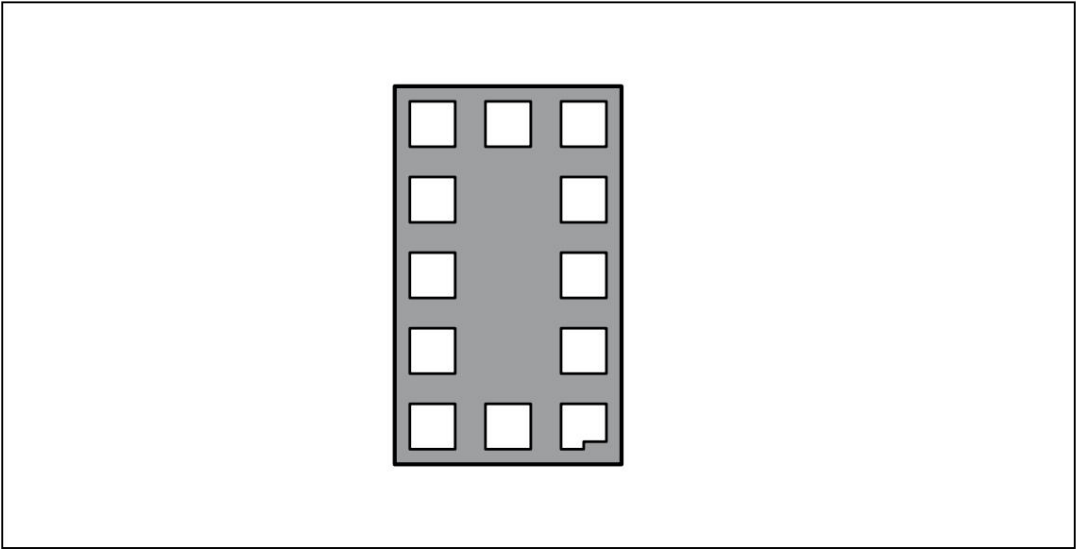


표 2. VL53L1X 핀 설명

핀번호	신호명	신호종류	신호 설명
1	AVDDVCSEL	공급	VCSEL 공급 장치, 주 공급 장치에 연결됨
2	AFSVSEL	지면	VCSEL 접지, 주 접지에 연결됨
3	접지	지면	주 접지에 연결하려면
4	GND2	지면	주 접지에 연결하려면
5	XSHUT	디지털 입력 Xshutdown 핀, 액티브 로우	
6	GND3	지면	주 접지에 연결하려면
7	GPIO1	디지털 출력 인터럽트 출력, 오픈드레인 출력	
8	DNC	디지털 입력 연결하지 말고 플로팅 상태로 두어야 합니다.	
9	SDA	디지털 입력/출력	I2C 직렬 데이터
10	SCL	디지털 입력	I2C 직렬 클록 입력
11	부서	공급	공급, 주 공급에 연결됨
12	GND4	지면	주 접지에 연결하려면

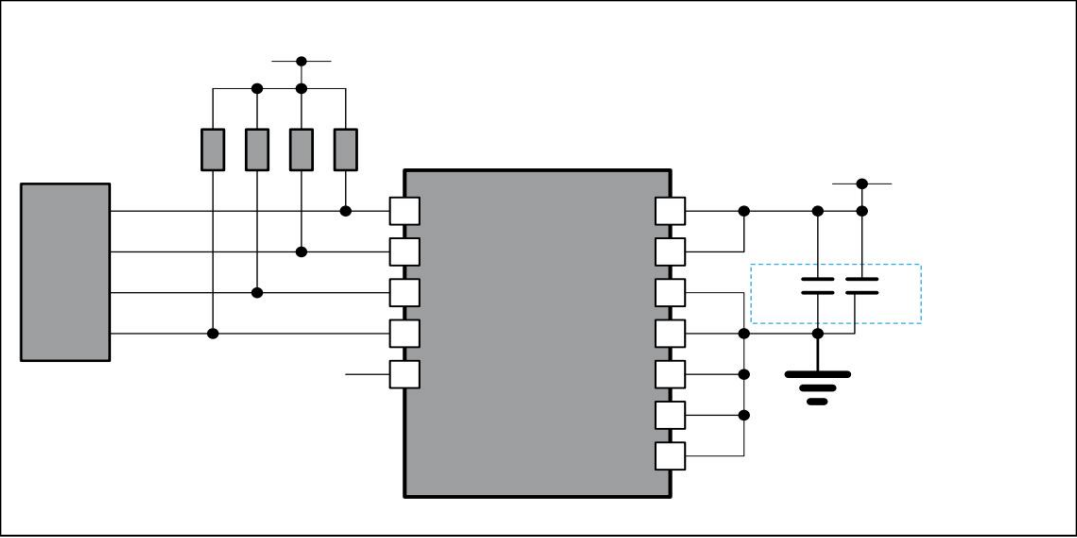
메모: AVSSVCSEL 및 GND는 접지 핀이며 애플리케이션 회로도에서 함께 연결할 수 있습니다.

GND2, GND3 및 GND4는 다른 상태로 설정된 경우 발생할 수 있는 불안정성을 방지하기 위해 애플리케이션 회로도에서 접지 도메인에 강제로 적용하는 표준 핀입니다.

1.4 응용개략도

그림 3은 VL53L1X의 애플리케이션 회로도를 보여줍니다.

그림 3. VL53L1X 회로도



- 메모: 외부 공급 AVDD의 커패시터는 AVDDVCSEL 및 AVSSVCSEL 모듈 핀에 최대한 가깝게 배치해야 합니다.
- 메모: 외부 풀업 저항 값은 I2C 버스 사양에서 확인할 수 있습니다. 풀업은 일반적으로 호스트 근처에서 버스당 한 번만 장착됩니다. 제안된 값은 표 3을 참조하세요 .
- 메모: XSHUT 핀은 누설 전류를 방지하기 위해 항상 구동되어야 합니다. 호스트 상태를 알 수 없는 경우 풀업이 필요합니다.
- HW 대기 모드(I2C 통신 없음)를 사용하려면 XSHUT이 필요합니다.
- 메모: XSHUT 및 GPIO1 풀업 권장 값은 10kOhms입니다.
- 메모: 사용하지 않는 경우 GPIO1은 연결되지 않은 상태로 유지됩니다.
- 표 3은 I2C 고속 모드(최대 400kHz) 에서 1.8V ~ 2.8V의 AVDD에 대한 풀업 및 직렬 저항에 대한 권장 값을 보여줍니다 .

표 3. I2C 고속 모드 에 권장되는 풀업 및 직렬 저항기

I2C 부하 용량 (CL) (1)	풀업 저항(Ω)
CL ≤ 90pF	3.6k
90pF < CL ≤ 140pF	2.4k
140pF < CL ≤ 270pF	1.2k
270pF < CL ≤ 400pF	0.8k

1. 각 버스 라인에 대해 고객이 애플리케이션 PCB에서 CL을 측정합니다.



2 기능 설명

2.1 시스템 기능 설명

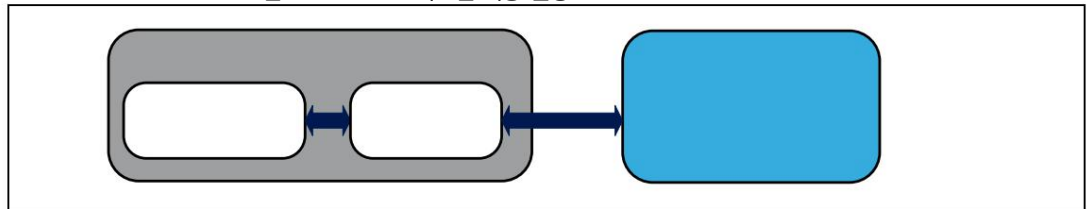
[그림 4](#)는 시스템 수준의 기능 설명을 보여줍니다. 호스트 고객 애플리케이션은 API(애플리케이션 프로그래밍 인터페이스)를 사용하여 VL53L1X 장치를 제어합니다. API 구현은 드라이버(Bare C 코드)로 고객에게 제공됩니다.

드라이버는 초기화, 시작/중지 범위 지정, 시스템 정확도 설정과 같은 VL53L1X 제어를 허용하는 일련의 고급 기능을 고객 애플리케이션과 공유합니다.

이 드라이버를 사용하면 직접 다중 레지스터 액세스를 복잡하게 하지 않고도 최종 사용자 애플리케이션을 빠르게 개발할 수 있습니다. 드라이버는 우수한 하드웨어 추상화 계층을 통해 모든 종류의 플랫폼에서 컴파일할 수 있는 방식으로 구성되어 있습니다.

드라이버에 대한 자세한 설명은 VL53L1X API 사용자 매뉴얼(UM2356)에서 확인할 수 있습니다.

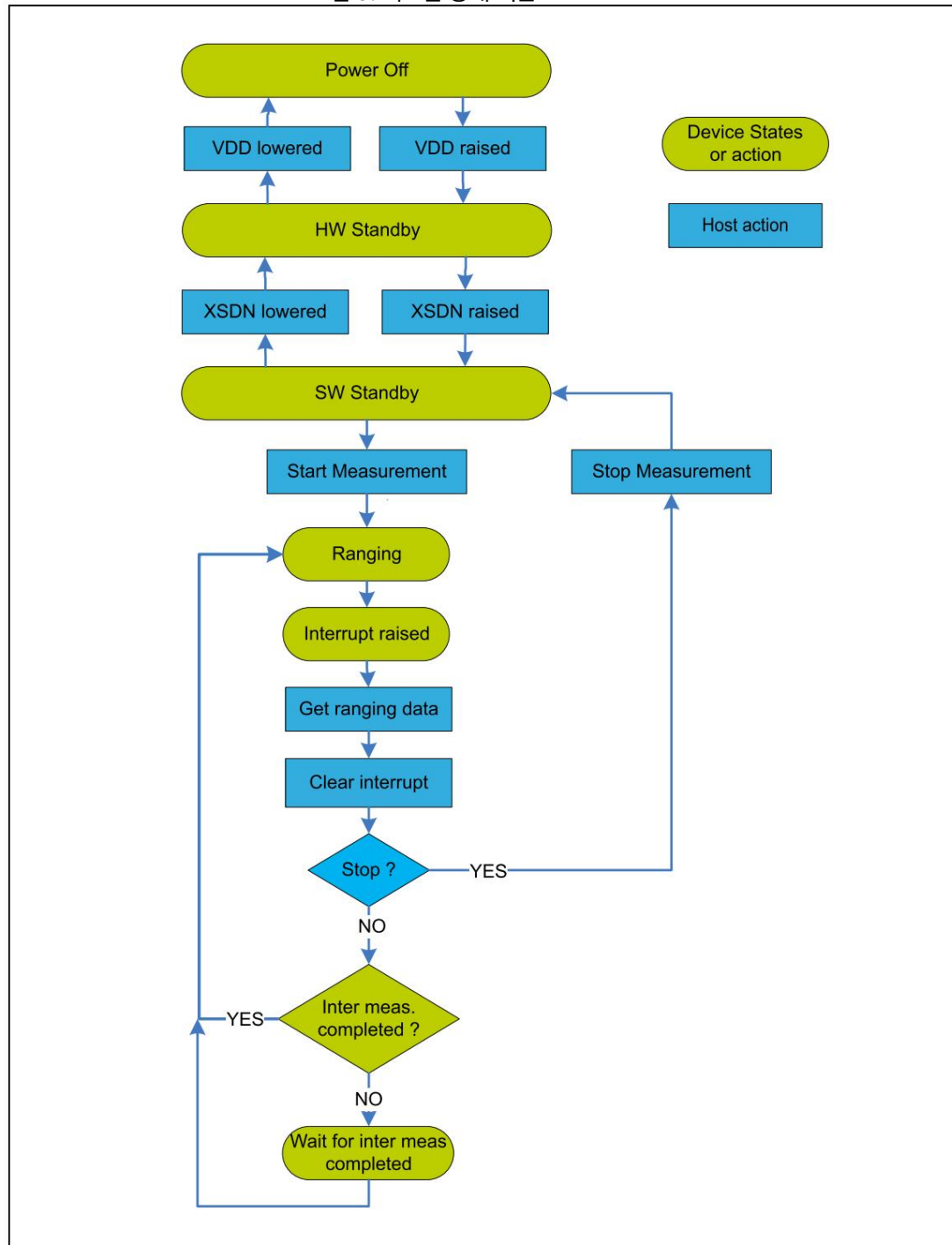
그림 4. VL53L1X 시스템 기능 설명



2.2 시스템 상태 머신 설명

그림 5는 시스템 상태 머신을 보여줍니다.

그림 5. 시스템 상태 머신



2.3 고객 제조 교정 흐름

VL53L1X 드라이버에는 교정 기능이 포함되어 있습니다. 장치의 전체 성능을 활용하려면 고객 생산 라인에서 한 번 실행하는 것이 좋습니다.

장치 교정을 통해 장치 성능에 영향을 미칠 수 있는 부품 간 매개변수 변화 및 커버 유리 존재 여부를 보상할 수 있습니다.

호스트에 저장된 교정 데이터는 전용 드라이버 기능을 사용하여 시작할 때마다 VL53L1X에 로드되어야 합니다.

RefSPAD, 오프셋 및 누화의 세 가지 교정 단계가 필요합니다.

고객이 VL53L1X 모듈 위에 보호 커버 유리를 추가할 때마다 RefSPAD 및 누화 교정을 수행해야 합니다.

오프셋 교정은 모든 상황에서 수행되어야 합니다. 이를 통해 리플로우 및 커버 유리 효과를 보상할 수 있습니다.

자세한 절차는 VL53L1X API 사용자 매뉴얼(UM2356)에 나와 있습니다.

2.4 범위 설명

VL53L1X 소프트웨어 드라이버는 모든 고객 애플리케이션에서 빠른 구현과 쉬운 범위 지정을 허용하는 턴키 솔루션을 제안합니다.

자율 범위 지정 모드는 최적화된 VL53L1X를 제공하는 기본 구성입니다.
기능.

- 범위 지정은 연속적이며 두 범위 작업 사이에 프로그래밍 가능한 지연(측정 간 시간이라고 함)이 있습니다. 범위 지정 기간(타이밍 예산)도 프로그래밍 가능합니다.
- 사용자는 거리 임계값(사용자 정의 임계값 아래, 위, 내부 또는 외부)을 설정할 수 있습니다. 임계값 조건이 충족되는 경우에만 인터럽트가 발생합니다.
- ROI 크기 및 위치는 프로그래밍 가능합니다. 사용자는 4x4 SPAD(최소 크기)에서 최대 16x16 SPAD(전체 FoV)까지 맞춤형 FoV를 선택할 수 있습니다. • 다음 범위 지정 데이터가 업데이트되도록 하려면 명확한 인터럽트가 필수입니다.

거리 측정이 불가능한 경우(대상이 없거나 신호가 약한 경우) 해당 범위 상태가 생성되어 호스트에서 읽을 수 있습니다.

VL53L1X 소프트웨어 드라이버는 측정 후 출력 결과를 읽을 수 있는 턴키 기능을 제공합니다. 보고된 주요 값은 다음과 같습니다.

- 범위 거리(mm)
- 반환 신호 속도
- 주변 신호 속도 • 범위 상태

범위 상태 및 출력 측정 정의는 VL53L1X API 사용자 설명서(UM2356)에 제공됩니다.

2.5 주요 매개변수

2.5.1 거리 모드

VL53L1X에는 단거리, 중간, 장거리의 세 가지 거리 모드(DM)가 있습니다.

장거리 모드를 사용하면 가능한 가장 긴 거리인 4m에 도달할 수 있습니다.

그러나 이 최대 범위 거리는 주변 조명의 영향을 받습니다.

단거리 모드는 주변광에 더 잘 영향을 받지만 최대 범위 거리는 일반적으로 1.3m로 제한됩니다.

표 4. 최대 거리와 주변광 하에서의 거리 모드

거리 모드	최대. 어둠 속에서의 거리 (cm)	최대. 강한 거리 주변광(cm)
짧은	136	135
중간	290	76
긴	360	73

테스트 조건: 타이밍 예산 = 100ms, 흰색 타겟 88%, 어두운 = IR 주변 없음, 주변광 = 200kcps/SPAD.

2.5.2 타이밍 예산(TB)

VL53L1X 타이밍 예산은 20ms에서 최대 1000ms까지 설정할 수 있습니다.

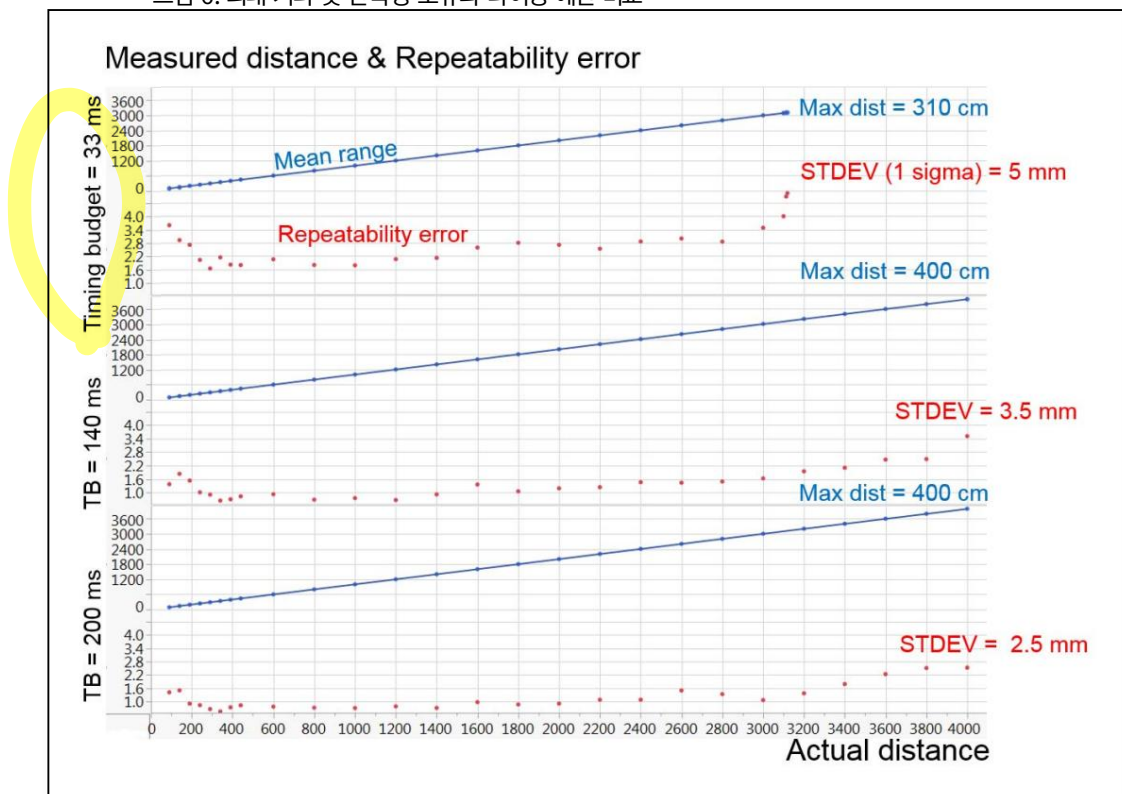
다. • 20ms는 최소 타이밍 예산이며 단거리 모드에서만 사용할 수 있습니다.

• 33ms는 모든 거리 모드에서 작동할 수 있는 최소 타이밍 예산입니다.

• 140ms는 장거리 모드에서 최대 4m 거리(흰색 차트의 어두운 부분)에 도달할 수 있는 타이밍 예산입니다.

타이밍 예산을 늘리면 장치가 범위를 지정할 수 있는 최대 거리가 늘어나고 반복성 오류가 개선됩니다. 그러나 평균 전력 소비는 이에 따라 증가합니다.

그림 6. 최대 거리 및 반복성 오류와 타이밍 예산 비교



테스트 조건: 타이밍 예산 = 33ms, 140ms, 200ms, 회색 대상 54%, 주변광 = 어두움.

2.6 전원 순서

2.6.1 전원 켜기 및 부팅 순서

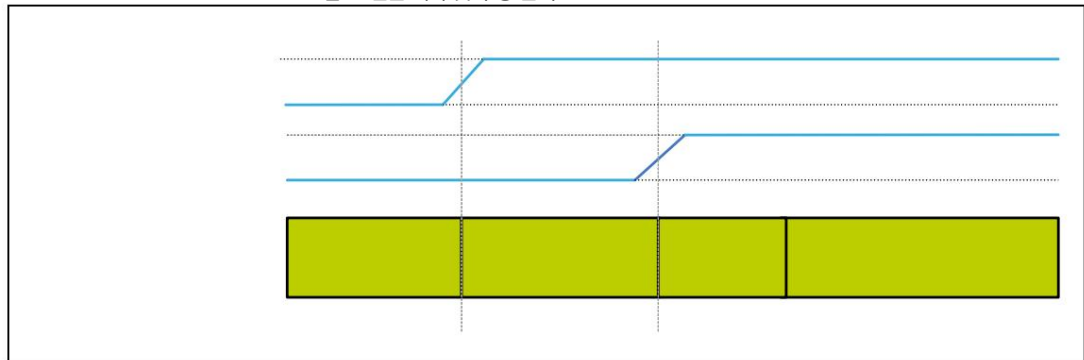
장치 전원 켜기/부팅에는 두 가지 옵션을 사용할 수 있습니다.

옵션 1: XSHUT 핀이 호스트에 연결되고 제어됩니다.

이 옵션은 사용하지 않을 때 VL53L1X의 전원을 완전히 끈 다음 호스트 GPIO(XSHUT 핀 사용)를 통해 절전 모드를 해제할 수 있으므로 전력 소비를 최적화합니다.

하드웨어 대기 모드는 전원 공급 장치가 있고 XSHUT이 낮은 기간으로 정의됩니다.

그림 7. 전원 켜기 및 부팅 순서

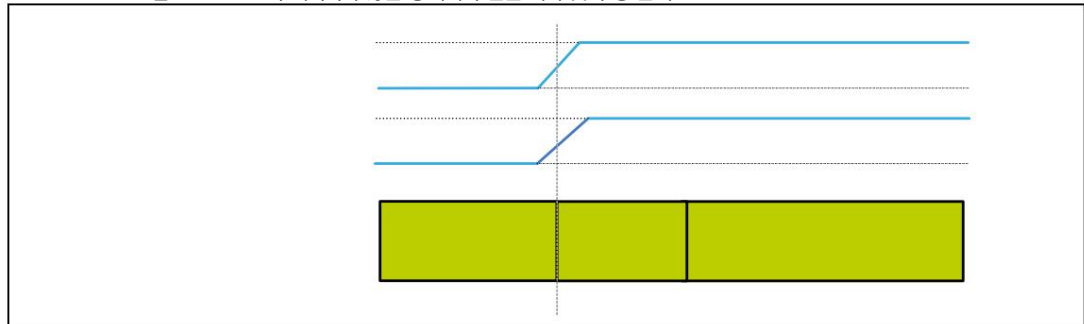


메모: 부팅 시간은 최대 1.2ms입니다.

옵션 2: XSHUT 핀은 호스트에 의해 제어되지 않으며 풀업 저항을 통해 전원 공급 장치 값에 연결됩니다.

XSHUT 핀이 제어되지 않는 경우 전원 켜기 시퀀스는 그림 8에 나와 있습니다. 이 경우 장치는 부팅 후 하드웨어 대기 모드로 전환되지 않고 자동으로 소프트웨어 대기 모드로 전환됩니다.

그림 8. XSHUT이 제어되지 않은 상태에서 전원 켜기 및 부팅 순서



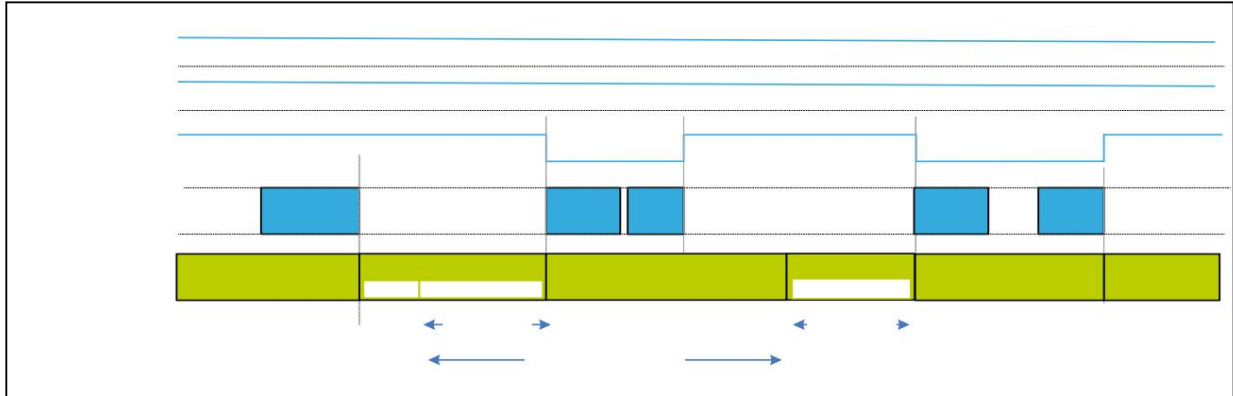
메모: 부팅 시간은 최대 1.2ms입니다.

메모: 모든 경우에 XSHUT은 전원 공급 장치가 연결된 경우에만 올라야 합니다.

2.7 범위 지정 시퀀스

다음 그림은 드라이버 명령과 시스템 상태의 조합을 보여줍니다.

그림 9. 자율 시퀀스



메모: 타이밍 예산 및 측정 간 타이밍은 전용 드라이버 기능을 사용하여 사용자가 설정하는 매개변수입니다.

2.8 감지 배열 광학 중심

VL53L1X 모듈에는 16x16 SPAD 감지 어레이에 광자를 집중시키는 렌즈가 포함되어 있습니다.

감지 배열 광학 중심 사양은 생산 시 부품 간 변동을 고려합니다.

광학 중심은 좌표(X_o 및 Y_o)로 정의됩니다.

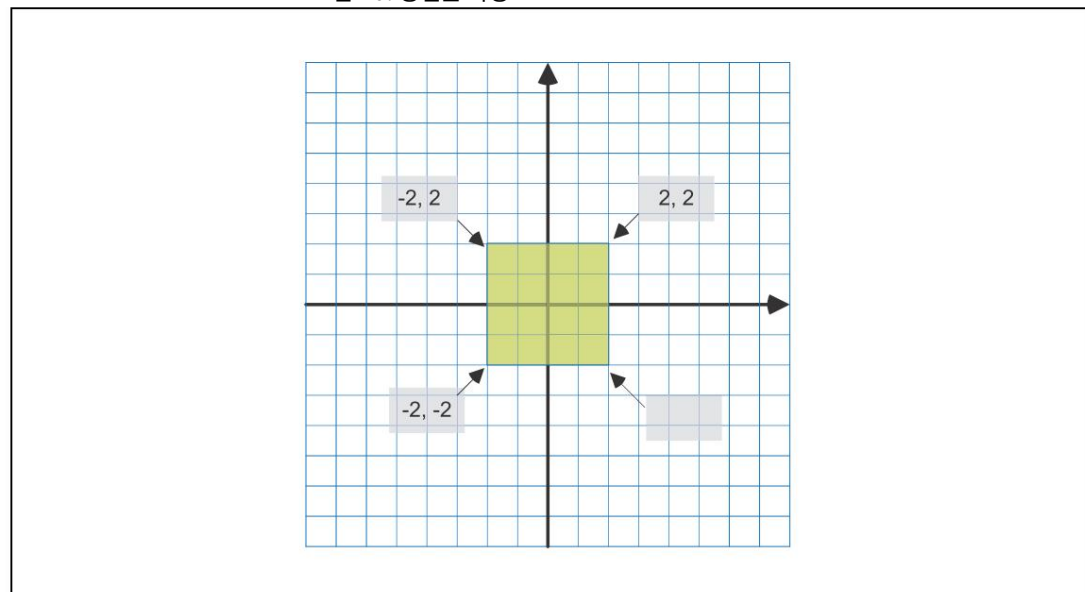
광학 중심은 STMicroelectronics의 공장 테스트 중에 각 부품에 대해 측정됩니다. 좌표는 VL53L1X 비휘발성 메모리에 저장되며 고객은 애플리케이션의 소프트웨어 드라이버를 통해 읽을 수 있습니다. 이는 카메라와의 설계 정렬을 최적화하고 애플리케이션 성능 범위를 조정하는 데 도움이 됩니다.

[그림 10: 광학 중심 사양](#)의 녹색 배열은 광학 중심의 가능한 위치를 나타냅니다.

표 5. 광심 사양

매개변수	최소	유형.	최대.	단위
X_o 오프셋	-2	0	2	SPAD
Y_o 오프셋	-2	0	2	

그림 10. 광심원 사양



자세한 내용은 VL53L1X API 사용자 매뉴얼(UM2356)을 참조하세요.

삼 다양한 공연

3.1 시험 조건

본 사양의 모든 측정 테이블에서는 다음 사항이 고려됩니다.

1. 사용자가 특정 ROI를 프로그래밍한 후 전체 FoV(일반적으로 27°)가 적용되거나 부분 FoV가 적용됩니다(아레이 크기는 4x4 SPAD에서 16x16 SPAD까지).
2. 타겟으로 사용된 차트는 회색 17% 반사율(N4.74 Munsell), 회색 54% 반사율(N8.25 Munsell), 흰색 88% 반사율(N9.5 Munsell)입니다.
3. 공칭 전압(2.8V) 및 온도(23°C).
4. 탐지율은 100%로 간주됩니다.
5. 언급되지 않은 한 장치는 다음 설정을 사용하여 드라이버를 통해 설정 및 제어됩니다.

- a) 거리 모드가 길다
- b) 타이밍 예산은 100ms입니다.
- c) 커버 유리가 없습니다.
- d) 타겟은 전체 FoV를 커버합니다.

6. 주변광은 다음과 같이 정의됩니다.

- a) 어두움 = 940nm \pm 30nm 대역의 IR 조명 없음 b) 50kcps/SPAD
= 화창한 날 창 뒤에서 조명(a)
- c) 200 kcps/SPAD = 화창한 날 창 뒤에서 조명, 직사광선
센서의 조명
- d) 참고로 일반적인 사무실 조명은 5kcps/SPAD 정도입니다.

†. kcps는 초당 킬로 수입니다. kcps/SPAD는 VL53L1X가 측정한 반환 주변 속도입니다.

3.2 정확성, 반복성 및 범위 오류 정의

3.2.1 정확도 정의

정확도 = 평균 거리 - 실제 거리

- 평균 거리는 측정된 32개 거리의 평균입니다.
- 실제 거리는 실제 목표 거리입니다.

정확도는 오프셋 오류, 온도 드리프트, 전압 드리프트의 영향을 받을 수 있습니다.

3.2.2 반복성 정의

반복성은 32회 측정값의 평균 범위 값의 표준 편차입니다. 타이밍 예산을 늘려 개선할 수 있습니다. VL53L1X의 일반적인 반복성 값은 타이밍 예산과 주변 조명에 따라 $\pm 1\%$ ~ $\pm 0.15\%$ 입니다.

3.2.3 범위 오류 정의

범위 오류 = 정확도 + 반복성 오류.

이 범위 오류 값은 다음 성능 표의 측정항목입니다.

3.3 최소 측정 거리

최소 측정 거리는 4cm입니다. 이 최소 거리에서 센서는 대상을 감지하지만 측정은 정확하지 않습니다.

3.4 어두운 환경에서의 공연

표 6. 어두운 조건에서의 성능

매개변수	타겟 반사율	최소 값	유형 값
최대 거리(cm)	화이트 88%	260	360(TB = 140ms인 400)
	그рей 54%	220	340
	그рей 17%	80	170
범위 오류(mm)	± 20		

테스트 조건([섹션 3.1: 테스트 조건에 설명된 조건 포함](#))은 다음과 같습니다.

- 주변광 = 어두움
- 언급되지 않는 한 타이밍 예산 = 100ms
- 장거리 모드

3.5 주변 조명 조건에서의 성능

3.5.1 장거리 모드

표 7. 장거리 모드에서 주변 조명의 일반적인 성능

매개변수	타겟 반사율	어두운	50kcps/SPAD	200kcps/SPAD
최대. 거리(cm)	화이트 88%	360	166	73
	그레이 54%	340	154	69
	그레이 17%	170	114	68
범위 오류(mm)		± 20	± 25	± 25

테스트 조건([섹션 3.1: 테스트 조건에 설명된 조건 포함](#))은 다음과 같습니다.

- 주변광 = 어두움, 50kcps/SPAD, 200kcps/SPAD
- 거리 모드 = 장거리

3.5.2 단거리 모드

표 8. 근거리 모드의 주변광 조건에서의 일반적인 성능

매개변수	타겟 반사율	어두운	200kcps/SPAD
최대. 거리(cm)	화이트 88%	130	130
	그레이 54%	130	130
	그레이 17%	130	120
범위 오류(mm)		± 20	± 25

테스트 조건([섹션 3.1: 테스트 조건에 설명된 조건 포함](#))은 다음과 같습니다.

- 주변광 = 어두움, 200kcps/SPAD
- 거리 모드 = 짧음

3.6 어두운 조건에서 부분 ROI 성능

표 9. 어두운 조건에서 부분 ROI의 일반적인 성능

매개변수	타겟 반사율	16x16	8x8	4x4
최대. 거리(cm)	화이트 88%	360	308	170
	그레이 54%	340	254	143
	그레이 17%	170	119	45
대각선 FoV(도)		27	20	15
범위 오류(mm)		± 20	± 20	± 20

테스트 조건([섹션 3.1: 테스트 조건에 설명된 조건 포함](#))은 다음과 같습니다.

- 주변광 = 어두움
- 대상은 부분 FoV를 포함합니다.
- 광학 중심을 중심으로 한 ROI
- 장거리 모드

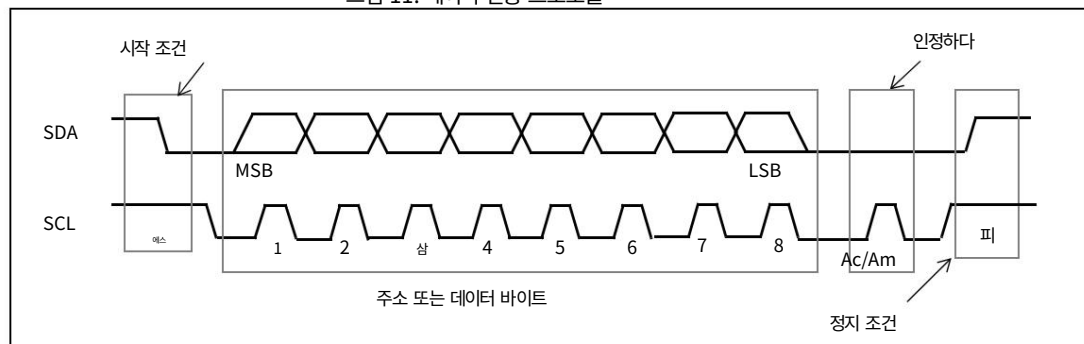
4 제어 인터페이스

이 섹션에서는 제어 인터페이스를 지정합니다. I2C 인터페이스는 직렬 데이터 라인(SDA)과 직렬 클록 라인(SCL)의 두 가지 신호를 사용합니다. 버스에 연결된 각 장치는 고유한 주소를 사용하며 간단한 마스터/슬레이브 관계가 존재합니다.

SDA 및 SCL 라인은 모두 호스트에 있는 풀업 저항을 사용하여 양의 공급 전압에 연결됩니다. 라인은 적극적으로 낮게만 구동됩니다. 라인이 플로팅되고 풀업 저항이 이를 끌어올릴 때 높은 상태가 발생합니다. 데이터가 전송되지 않으면 두 라인 모두 하이입니다.

클록 신호(SCL) 생성은 마스터 장치에서 수행됩니다. 마스터 장치가 데이터 전송을 시작합니다. VL53L1X의 I2C 버스는 최대 속도가 400kbits/s이고 장치 주소 0x52를 사용합니다.

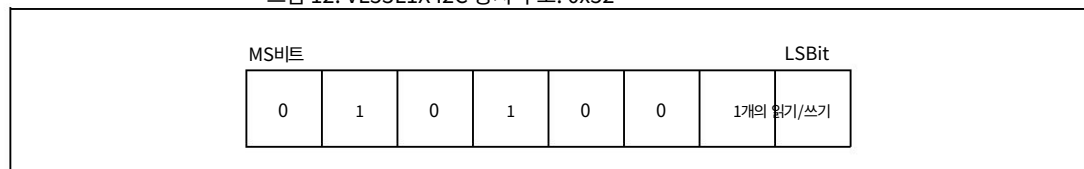
그림 11. 데이터 전송 프로토콜



정보는 8비트 패킷(바이트)으로 구성되며 그 뒤에 항상 승인 비트가 옵니다. VL53L1X 승인의 경우 Ac, 마스터 승인(호스트 버스 마스터)의 경우 Am입니다. 내부 데이터는 SCL의 상승 에지에서 SDA를 샘플링하여 생성됩니다. SCL이 높은 기간 동안 외부 데이터는 안정적이어야 합니다. 이에 대한 예외는 SDA가 각각 떨어지거나 상승할 때 시작(S) 또는 중지(P) 조건이고 SCL은 높을 때입니다.

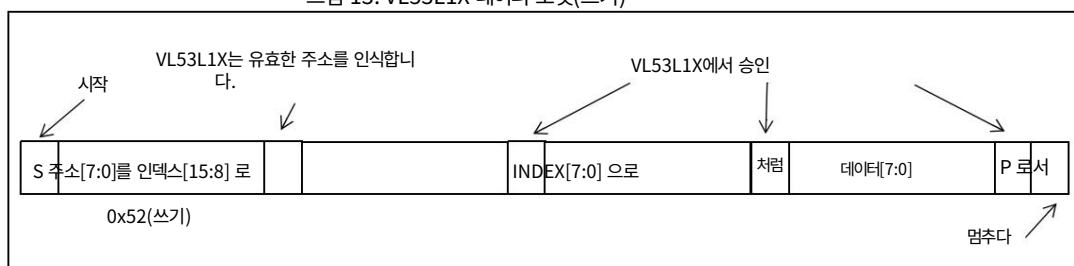
메시지에는 시작 조건이 선행되고 정지 또는 반복 시작(이전 정지 조건이 없는 다른 시작 조건)과 다른 메시지가 뒤따르는 일련의 바이트가 포함됩니다. 첫 번째 바이트에는 장치 주소(0x52)가 포함되어 있으며 데이터 방향도 지정합니다. 최하위 비트가 낮은 경우(즉, 0x52) 메시지는 마스터-슬레이브 쓰기입니다. LSB가 설정된 경우(즉, 0x53) 메시지는 슬레이브에서 읽은 마스터입니다.

그림 12. VL53L1X I2C 장치 주소: 0x52



Time-of-Flight 센서와의 모든 직렬 인터페이스 통신은 시작 조건으로 시작되어야 합니다. VL53L1X 모듈은 SDA 와이어를 로우로 구동하여 유효한 주소 수신을 승인합니다. 읽기/쓰기 비트(주소 바이트의 LSB) 상태가 저장되고 SDA에서 샘플링된 데이터의 다음 바이트를 해석할 수 있습니다. 쓰기 시퀀스 동안 수신된 두 번째 바이트는 내부 8비트 레지스터 중 하나를 가리키는 16비트 인덱스를 제공합니다.

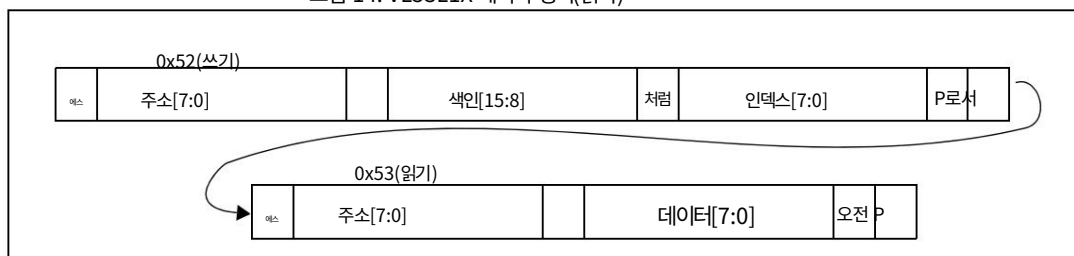
그림 13. VL53L1X 데이터 포맷(쓰기)



슬레이브가 데이터를 수신하면 직렬/병렬 레지스터에 비트 단위로 기록됩니다. 슬레이브가 각 데이터 바이트를 수신한 후 승인이 생성되고 데이터는 현재 인덱스로 주소가 지정된 내부 레지스터에 저장됩니다.

읽기 메시지 동안 현재 인덱스로 주소가 지정된 레지스터의 내용은 장치 주소 바이트 다음 바이트에서 읽혀집니다. 이 레지스터의 내용은 직렬/병렬 레지스터에 병렬로 로드되고 SCL의 하강 에지에 의해 장치에서 클럭킹됩니다.

그림 14. VL53L1X 데이터 형식(읽기)



각 바이트의 끝에서 읽기 및 쓰기 메시지 시퀀스 모두에서 수신 장치(즉, 쓰기의 경우 VL53L1X, 읽기의 경우 호스트)에 의해 승인이 발행됩니다.

메시지는 읽기 작업 중 전체 바이트를 읽은 후 정지 조건을 발행하거나 부정 승인(즉, SDA 라인을 로우로 풀링 하지 않음)을 통해 버스 마스터에 의해서만 종료될 수 있습니다.

인터페이스는 자동 증가 인덱싱도 지원합니다. 첫 번째 데이터 바이트가 전송된 후 인덱스는 자동으로 1씩 증가합니다. 따라서 마스터는 슬레이브가 승인을 제공하지 못하거나 마스터가 중지 조건으로 쓰기 통신을 종료할 때까지 슬레이브에 지속적으로 데이터 바이트를 보낼 수 있습니다. 자동 증가 기능을 사용하는 경우 마스터는 데이터 바이트와 함께 주소 인덱스를 보낼 필요가 없습니다.

그림 15. VL53L1X 데이터 형식(순차 쓰기)

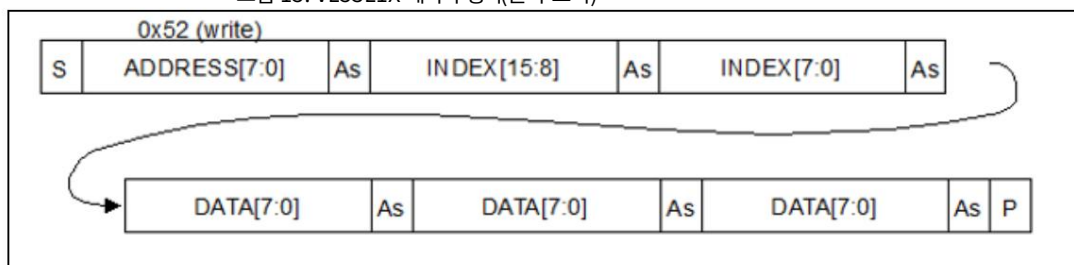
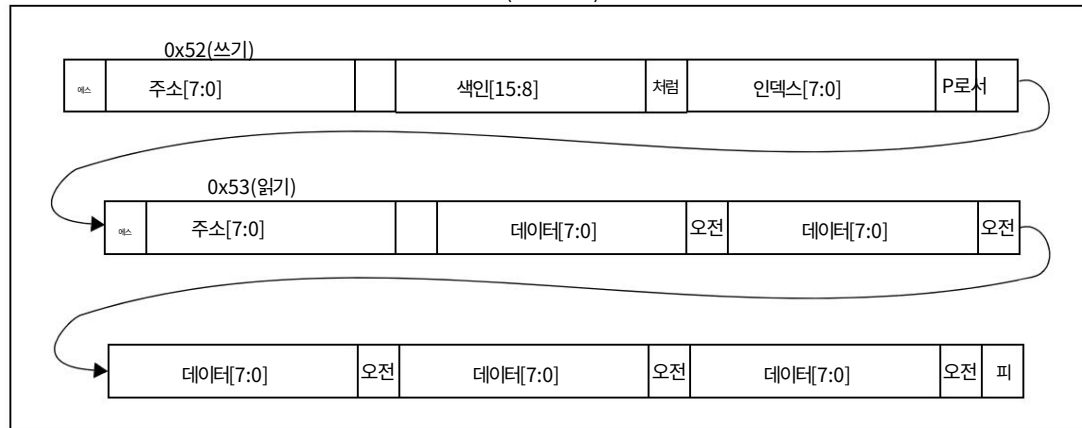


그림 16. VL53L1X 데이터 형식(순차 읽기)



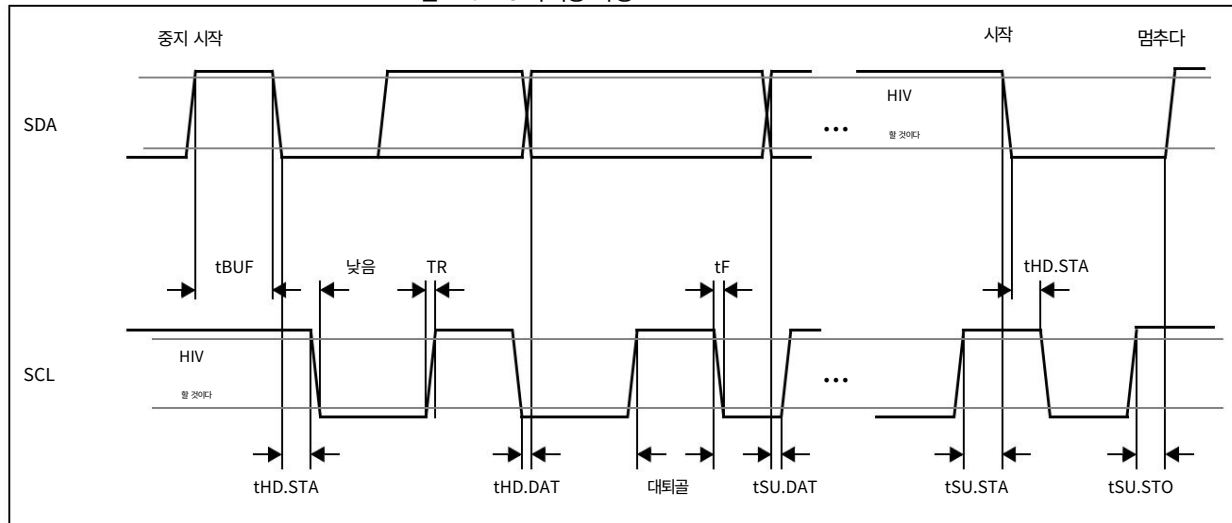
4.1 I2C 인터페이스 - 타이밍 특성

타이밍 특성은 표 10에 나와 있습니다. 사용된 매개변수에 대한 설명은 그림 17을 참조하십시오.

표 10. I2C 인터페이스 - 고속 모드(400kHz)의 타이밍 특성

상징	매개변수	최소	유형	최대	단위
F _{I2C}	동작 주파수	0	-	400	kHz
낮음	클록 펄스 폭 낮음	1.3	-	-	
대퇴골	클록 펄스 폭 높음	0.6	-	-	
t _{SP}	입력 필터에 의해 억제되는 스파이크의 펄스 폭	-	-	50	ns
t _{BUF}	환승 간 버스 자유 시간	1.3	-	-	μs
t _{HD.STA}	대기 시간 시작	0.26	-	-	
t _{SU.STA}	설정 시간 시작	0.26	-	-	
t _{HD.DAT}	보류 시간의 데이터	0	-	0.9	
t _{SU.DAT}	설정 시간의 데이터	50	-	-	ns
T _R	SCL/SDA 상승 시간	-	-	300	
t _F	SCL/SDA 하강 시간	-	-	300	
t _{SU.STO}	설정 시간 중지	0.6	-	-	
C _{i/o}	입력/출력 정전용량(SDA)	-	-	10	pF
식사	입력 커패시턴스(SCL)	-	-	4	
씨엘	부하 용량	-	125	400	

그림 17. I2C 타이밍 특성



모든 타이밍은 VIL 또는 VIH 에서 측정됩니다 .

4.2 I2C 인터페이스 - 참조 레지스터

아래 표에 표시된 레지스터는 사용자 I2C 인터페이스를 검증하는 데 사용할 수 있습니다.

표 11. 참조 레지스터

이름 등록	색인	새로 재설정된 후, 드라이버가 로드 되지 않은 상태
모델 ID	0x010F	0xEA
모듈 유형	0x0110	0xCC
마스크 개정	0x0111	0x10

메모: I2C 읽기/쓰기 는 8, 16 또는 32비트일 수 있습니다. 멀티바이트 읽기/쓰기는 표 12에 표시된 것처럼 항상 MSB부터 오름차순으로 처리됩니다 .

고객은 성능 및 정확도 기준에 맞는 쉽고 효율적인 거리 측정 작업을 위해 VL53L1X 소프트웨어 드라이버를 사용해야 합니다. 따라서 전체 레지스터 세부 정보는 노출되지 않습니다. 고객은 VL53L1X API 사용자 매뉴얼 (UM2356)을 참조해야 합니다.

표 12. 32비트 레지스터 예

주소 등록	바이트
주소	MSB
주소 + 1	..
주소 + 2	..
주소 + 3	LSB

5 전기적 특성

5.1 절대 최대 등급

표 13. 절대 최대 정격

매개변수	최소	유형.	최대.	단위
부서	-0.5	-	3.6	안에
SCL, SDA, XSHUT 및 GPIO1	-0.5	-	3.6	

메모: 표 13에 나열된 것 이상의 스트레스는 장치에 영구적인 손상을 초래할 수 있습니다. 이는 스트레스 등급 일 뿐이며 사양의 작동 섹션에 표시된 조건을 초과하는 이러한 조건 또는 기타 다른 조건에서 장치의 기능적 작동은 암시되지 않습니다.
장기간 절대 최대 정격 조건에 노출되면 장치 신뢰성에 영향을 미칠 수 있습니다.

5.2 권장 작동 조건

표 14. 권장 작동 조건 (1)

매개변수		최소	유형.	최대.	단위
전압(AVDD)		2.6	2.8	3.5	안에
IO(IOVDD) (2)	표준 모드	1.6	1.8	1.9	
	2V8 모드 (3)(4)	2.6	2.8	3.5	
주변 온도(정상 작동)		-20		85	°C

- 전원 공급 장치 시퀀싱 요구 사항이 없습니다. AVDD가 적용될 때 I/O는 높음, 낮음 또는 부동 상태일 수 있습니다. I/O는 AVDD에 연결하는 다이오드 없이 내부적으로 안전 장치를 갖추고 있습니다.
- XSHUT은 AVDD가 켜져 있을 때만 높은 수준이어야 합니다.
- SDA, SCL, XSHUT 및 GPIO1 상위 레벨은 2V8 모드의 AVDD와 동일해야 합니다.
- 기본 드라이버 모드는 1V8입니다.
2V8 모드는 드라이버가 로드한 장치 설정을 사용하여 프로그래밍할 수 있습니다. 자세한 내용은 VL53L1X API 사용자 매뉴얼(UM2356)을 참조하세요.

5.3 ESD

VL53L1X는 표 15에 제시된 ESD 값을 준수합니다.

표 15. ESD 성과

매개변수	사양	정향
인체 모델	JS-001-2012	± 2kV, 1500옴, 100pF
충전된 장치 모델	JESD22-C101	± 500V

5.4 현재 소비

표 16. 주변 온도에서의 전력 소비량 (1)

매개변수	최소	유형.	최대.	단위
HW 대기	삼	5	7	uA
SW 대기 (2)	469			
인터 측정		20		
범위 평균(AVDD + AVDDVCSEL) (3) (4)		16	18	엄마
33ms 타이밍 예산으로 10Hz에서 평균 전력 소비			20	밀리와트
감지된 타겟이 없을 때 20ms 타이밍 예산으로 1Hz에서 평균 전력 소비		0.9		
타겟 감지 시 20ms 타이밍 예산으로 1Hz에서 평균 전력 소비		1.4		

- 모든 전류 소비 값에는 실리콘 프로세스 변동이 포함됩니다. 온도와 전압은 공칭 조건(23°C 및 AVDD 2v8)입니다. 모든 값에는 AVDD 및 AVDDVCSEL이 포함됩니다.
- 2v8(IOVDD) 모드에서는 풀업을 수정해야 하며, 그러면 SW 대기 소비가 0.6μA 증가합니다.
- 장거리 모드에서 거리 측정 작업 중 평균 소비량입니다.
- 피크 전류(VCSEL 포함)는 40mA에 도달할 수 있습니다.

5.5 디지털 I/O 전기적 특성

표 17. 디지털 I/O 전기적 특성

	상징	매개변수	최소	유형.	최대.	단위
↑	할 것이다	낮은 수준의 입력 전압	-	-	0.3IOVDD	V
	HIV	높은 수준의 입력 전압	0.7 IOVDD		-	
	볼륨	낮은 수준의 출력 전압 (IOUT = 4mA)	-		0.4	
	VOH	높은 수준의 출력 전압 (IOUT = 4mA)	IOVDD-0.4		-	
	FGPIO	동작 주파수 (클로드 = 20pF)	0		108	MHz
↓	할 것이다	낮은 수준의 입력 전압	-0.5	-	0.6	V
	HIV	높은 수준의 입력 전압	1.12		IOVDD+0.5	
	볼륨	낮은 수준의 출력 전압 (IOUT = 4mA)	-		0.4	
	IIL/IH	누설전류 (1)	-		10	μA
		누설전류 (2)	-		0.15	

1. AVDD=0V

2. AVDD = 2.85V; I/O 전압 = 1.8V

6 외형도

그림 18. 외형도(1/3페이지)

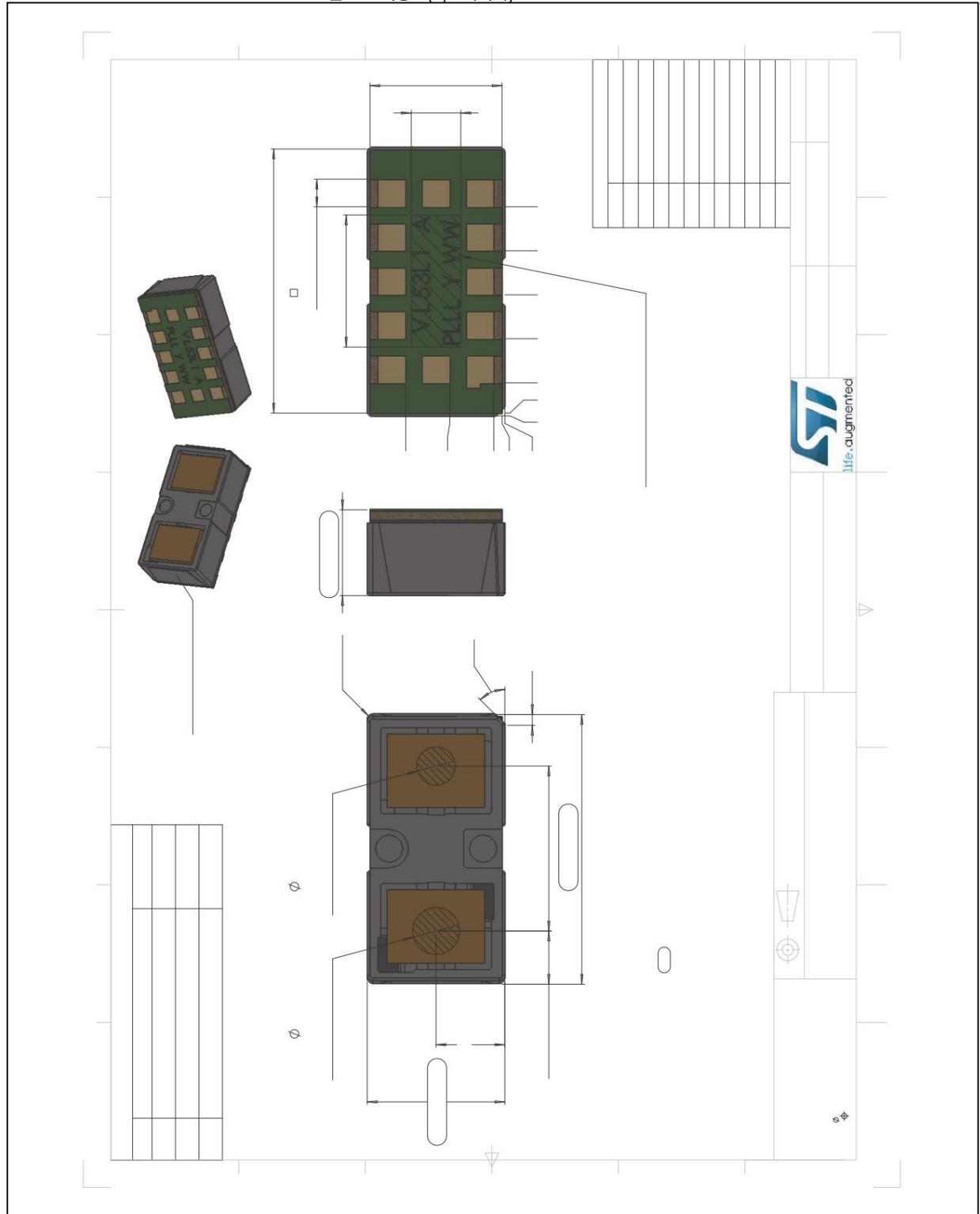
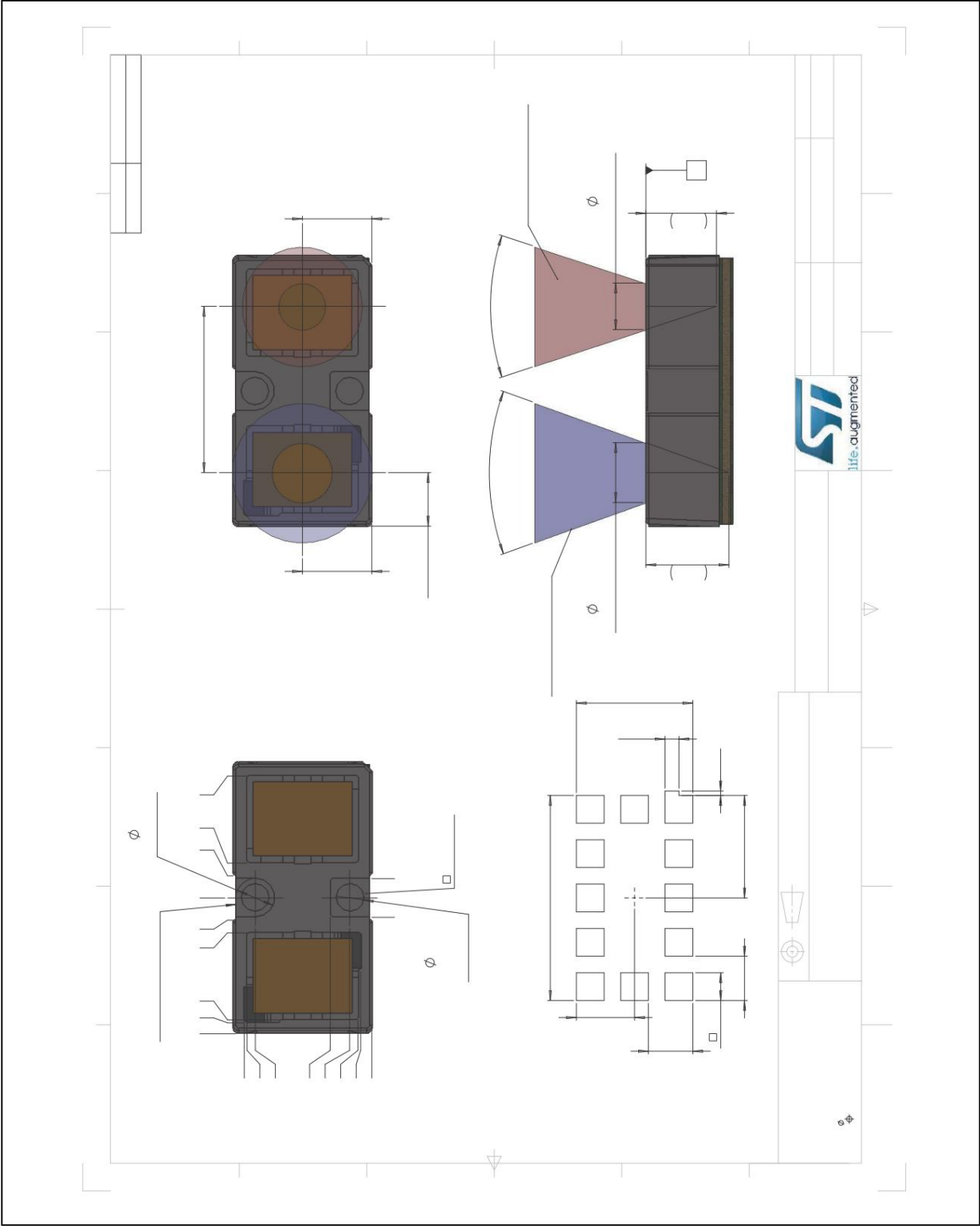
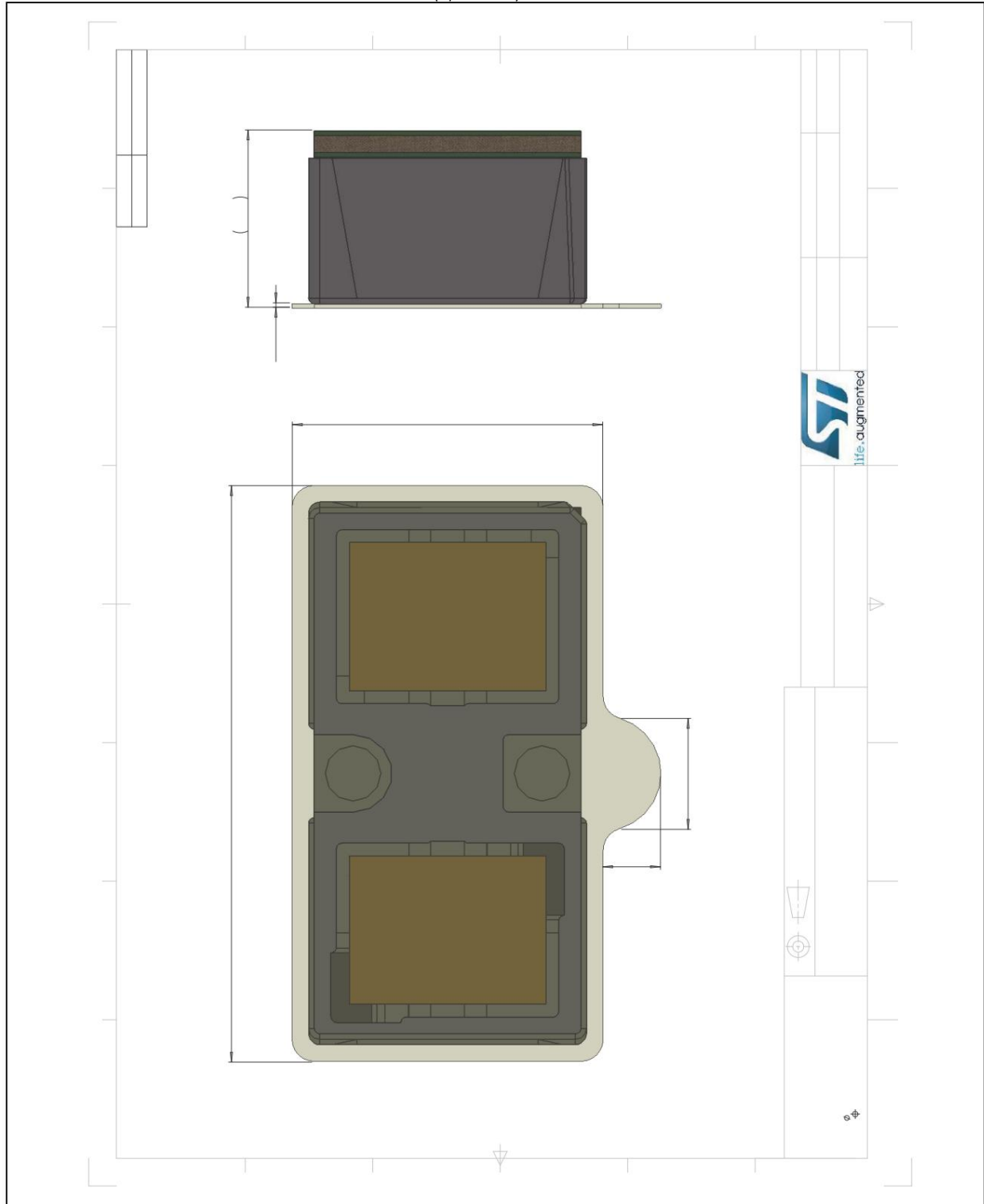


그림 19. 외형도(2/3페이지)



VL53L1X 모듈은 조립 과정에서 센서를 이물질로부터 보호하기 위해 캡 상단을 덮는 보호 라이너와 함께 제공됩니다. 커버 글래스를 장착하기 직전에 고객이 제거해야 합니다.

그림 20. 외형도(3/3페이지)



7 레이저 안전 고려 사항

VL53L1X에는 레이저 이미터와 해당 구동 회로가 포함되어 있습니다. 레이저 출력은 IEC 60825-1:2014(제3판)에 따라 단일 결함을 포함하여 합리적으로 예측 가능한 모든 조건에서 클래스 1 레이저 안전 한계 내에서 유지되도록 설계되었습니다.

STMicroelectronics의 권장 장치 설정(드라이버 설정)을 사용하고 지정된 작동 조건을 준수하는 한 레이저 출력은 클래스 1 제한 내에서 유지됩니다.

STMicroelectronics의 권장 장치 설정을 사용하고 지정된 작동 조건(특히 VL53L1X API 사용자 설명서 UM2356에 설명된 최대 타이밍 예산)을 준수하는 한 레이저 출력은 클래스 1 제한 내에서 유지됩니다.

레이저 출력 전력은 어떠한 방법으로도 증가해서는 안 되며, 레이저 빔의 초점을 맞추려는 목적으로 광학 장치를 사용해서는 안 됩니다.

주의: 여기에 명시된 것 이외의 제어, 조정 또는 절차 수행을 사용하면 위험한 방사선에 노출될 수 있습니다.

그림 21. 클래스 1 레이저 제품 라벨



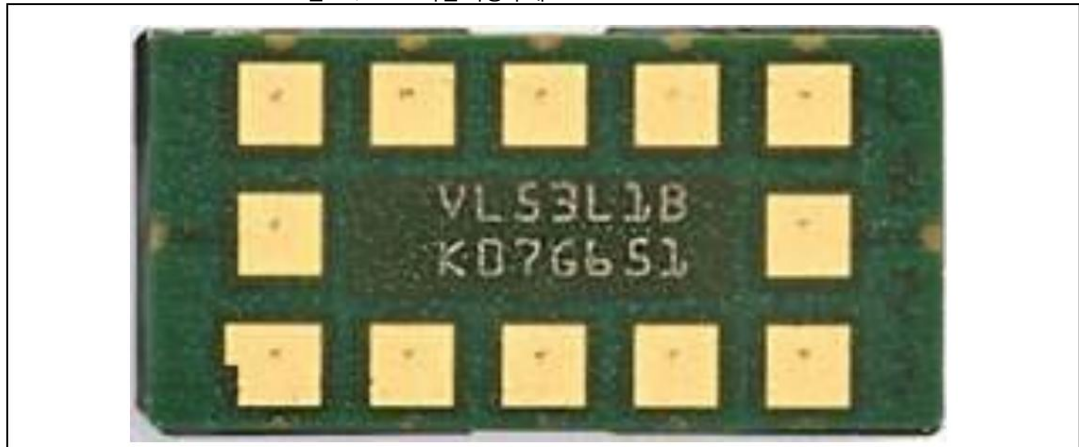
8 포장 및 라벨링

8.1 제품 마킹

2줄 제품 표시는 모듈 뒷면(즉, 기판)에 적용됩니다.

첫 번째 줄은 실리콘 제품 코드이고, 두 번째 줄은 내부 추적 코드입니다.

그림 22. 프로토타입 마킹의 예



8.2 내부 상자 라벨링

라벨링은 ST 표준 포장 승인 사양을 따릅니다.

내부 상자 라벨에는 다음 정보가 표시됩니다.

- 집회 장소
- 판매 유형
- 수량
- 추적 코드
- 마킹
- 대량 ID 번호

8.3 포장

고객/하청업체 수준에서는 이물질 부착을 방지하기 위해 깨끗한 환경에 VL53L1X를 장착하는 것이 좋습니다.

전화가 조립 단계에서 이물질 오염을 방지하기 위해 모듈은 다음과 같습니다.

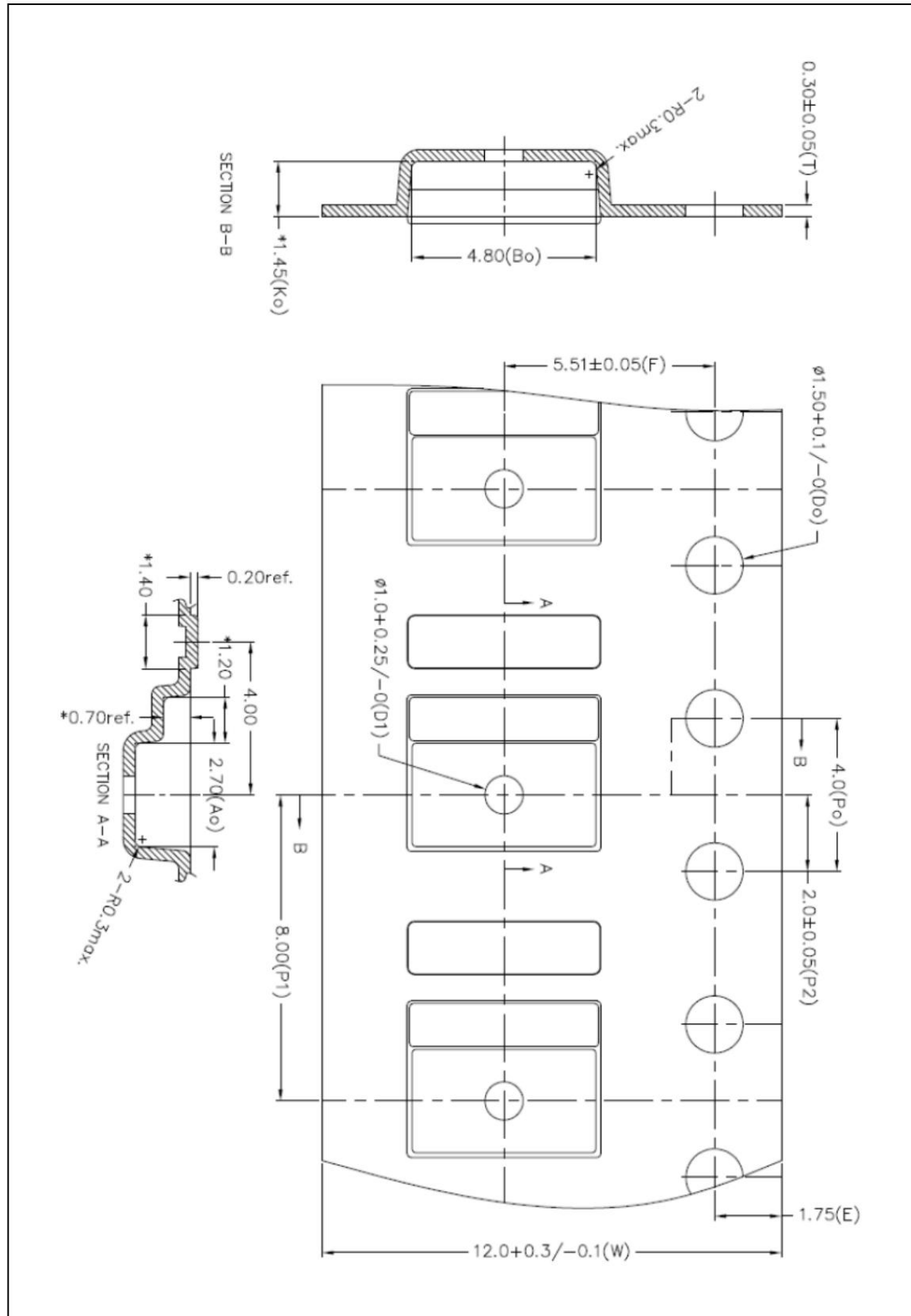
보호 라이너가 포함된 테이프 앤 릴 형식으로 배송됩니다.

포장은 진공 밀봉되어 있으며 건조제가 포함되어 있습니다.

라이너는 260°C에서의 리플로우를 준수합니다. 고객 장치를 조립하는 동안 커버 유리를 장착하기 직전에 제거해야 합니다.

8.4 테이프 외형도

그림 23. 테이프 외형도



8.5 무연 솔더 리플로우 공정

표 18 과 그림 24는 솔더 프로파일에 대한 권장 값과 최대 값을 보여줍니다.

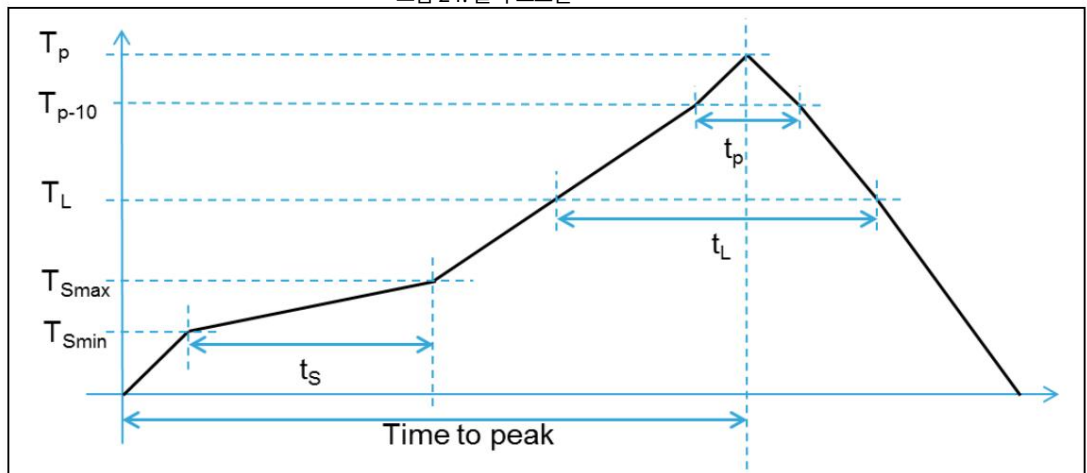
고객은 사용된 PCB, 솔더 페이스트 및 재료에 따라 리플로우 프로파일을 조정해야 합니다. 우리는 고객이 VL53L1X 패키지에 맞게 특별히 조정된 권장 리플로우 프로파일을 따르기를 기대합니다.

어떤 이유로든 고객이 권장 프로파일과 다른(특히 피크 >240°C) 리플로우 프로파일을 수행해야 하는 경우, 이 새로운 프로파일은 고객의 책임 하에 인증되어야 합니다. 어떤 경우에도 프로파일은 표 18에 설명된 "최대" 프로파일 제한 내에 있어야 합니다.

표 18. 권장 솔더 프로파일

매개변수	추천	최고	단위
최저온도(TS min)	130	150	°C
최대 온도(TS max)	200	200	°C
시간 ts (TS 최소 - TS 최대)	90-110	60 - 120	초
온도 (TL)	217	217	°C
시간 (tL)	55-65	55 - 65	초
램프업	2	삼	°C/초
온도 (Tp-10)	-	235	°C
시간 (tp)	-	10	초
램프업	-	삼	°C/초
최고온도(Tp)	240	245	°C
정점에 도달하는 시간	300	300	초
램프 다운(최대 TL까지)	-4	-6	°C/초

그림 24. 솔더 프로파일



메모: 표 18 에 언급된 온도는 VL53L1X 패키지 상단에서 측정되었습니다.

메모: 부품은 이 솔더 프로파일을 통과하는 최대 3회 통과로 제한되어야 합니다.

메모: VL53L1X 패키지는 밀봉되어 있지 않으므로 건식 리플로우 공정(예: 대류 리플로우)만 사용해야 합니다. 기상 리플로우는 이러한 유형의 광학 부품에 적합하지 않습니다.

VL53L1X는 광학 부품이므로 주의해서 취급해야 합니다. 여기에는 일반적으로 '세척하지 않는' 조립 공정을 사용하는 것이 포함됩니다.

8.6 취급 및 보관상의 주의사항

8.6.1 충격주의사항

센서 모듈에는 충격으로 인해 손상되기 쉬운 수많은 내부 구성 요소가 들어 있습니다. 장치가 과도한 충격을 받거나, 바닥에 떨어지거나, 장치의 트레이/릴이 바닥에 떨어진 경우, 눈에 띄는 손상이 없더라도 해당 장치는 거부되어야 합니다.

8.6.2 부품 취급

손상되지 않는 ESD 안전 탄소, 플라스틱 또는 테플론 핀셋을 사용하여 취급해야 합니다. 거리 측정 모듈은 손상이나 오염에 취약합니다. 고객은 부품에서 테이프를 제거한 후 보호 커버 유리가 장착될 때까지 깨끗한 조립 공정을 사용하는 것이 좋습니다.

8.6.3 압축력

모듈에는 최대 25N의 압축 하중이 적용되어야 합니다.

8.6.4 수분 민감도 수준

IPC/JEDEC JSTD-020-C에 설명된 대로 수분 민감도는 레벨 3(MSL)입니다.

8.7 보관 온도 조건

표 19. 권장 보관 조건

매개변수	최소	유형.	최대.	단위
온도(보관)	-40	23	85	°C

9 주문정보

표 20. 주문 코드

판매 유형	패키지	포장	최소 주문 수량
VL53L1CXV0FY/1	라이너가 포함된 광학 LGA12	테이프 및 릴	3600개

10 약어 및 약어

표 21. 두문자어 및 약어

약어/약어	정의
ESD	정전기 방전
나는 2C	상호 집적 회로(직렬 버스)
NVM	비 휘발성 기억 장치
SPAD	단일 광자 애벌란시 다이오드
FoV	시야
VCSEL	수직 공동 표면 방출 레이저

11 에코팩®

환경 요구 사항을 충족하기 위해 ST는 환경 준수 수준에 따라 다양한 등급의 ECOPACK® 패키지로 이러한 장치를 제공합니다. 에코팩®

사양, 등급 정의 및 제품 상태는 www.st.com에서 확인할 수 있습니다. ECOPACK®은 ST의 상표입니다.

메모: VL53L1X의 ECOPACK® 등급은 ECOPACK®2입니다.

12 개정 이력

표 22. 문서 개정 내역

날짜	개정	변경 사항
2018년 2월 8일	1	초판
2018년 2월 14일	2	업데이트된 애플리케이션 및 설명
2018년 11월 29일	삼	업데이트된 기능: 최대 400kHz의 I2C 인터페이스 표 10: 업데이트된 tBUF, tR 및 tF. 표 18: 수정된 시간 (tp-10)을 시간(tp)로 수정된 그림 18, 그림 19, 그림 20 업데이트된 섹션 7: 레이저 안전 고려사항
2021년 10월 13일	4	섹션 4: 제어 인터페이스: "카메라 모듈"을 "비행 시간" 센서로 교체했습니다.
2022년 4월 1일	5	업데이트된 그림 23: 테이프 외곽선 그림
2022년 6월 24일	6	"TM" 양식 문서 제목 제거 업데이트된 그림 15: VL53L1X 데이터 형식(순차 쓰기)

중요 공지 - 주의 깊게 읽어보세요.

STMicroelectronics NV 및 그 자회사("ST")는 통지 없이 언제든지 ST 제품 및/또는 이 문서를 변경, 수정, 향상, 수정 및 개선할 수 있는 권리를 보유합니다. 구매자는 주문하기 전에 ST 제품에 대한 최신 관련 정보를 얻어야 합니다. ST 제품은 주문 승인 당시의 ST 판매 약관에 따라 판매됩니다.

ST 제품의 선택, 선택 및 사용에 대한 책임은 전적으로 구매자에게 있으며, ST는 구매자 제품의 애플리케이션 지원이나 설계에 대해 어떠한 책임도 지지 않습니다.

ST는 지적 재산권에 대해 명시적이든 묵시적이든 어떠한 라이선스도 부여하지 않습니다.

여기에 명시된 정보와 다른 조항을 적용하여 ST 제품을 재판매할 경우 해당 제품에 대해 ST가 부여한 보증이 무효화됩니다.

ST 및 ST 로고는 ST의 상표입니다. ST 상표에 대한 추가 정보는 www.st.com/trademarks를 참조하십시오. 기타 모든 제품 또는 서비스 이름은 해당 소유자의 자산입니다.

이 문서의 정보는 이 문서의 이전 버전에서 이전에 제공된 정보를 대체하고 대체합니다.

© 2022 STMicroelectronics - 판권 소유

