

Cómo funciona la tecnología LiDAR del nuevo láser escáner Ouster



Surgen muchas preguntas sobre cómo Ouster ha sido capaz de lograr un rendimiento tan increíble en un formato tan compacto y de bajo coste. Gracias a las patentes con las que cuenta la tecnología lidar de flash multihaz, podemos hablar abiertamente sobre la increíble tecnología que se ha desarrollado en los últimos tres años.

Se utilizará el resto de este artículo para profundizar en lo que sucede detrás de las mejoras de rendimiento y por qué es la tecnología más idónea para cada coche y para cada robot de interiores y exteriores del futuro. Quédense por aquí. ¡¡Vamos a ponernos técnicos!!

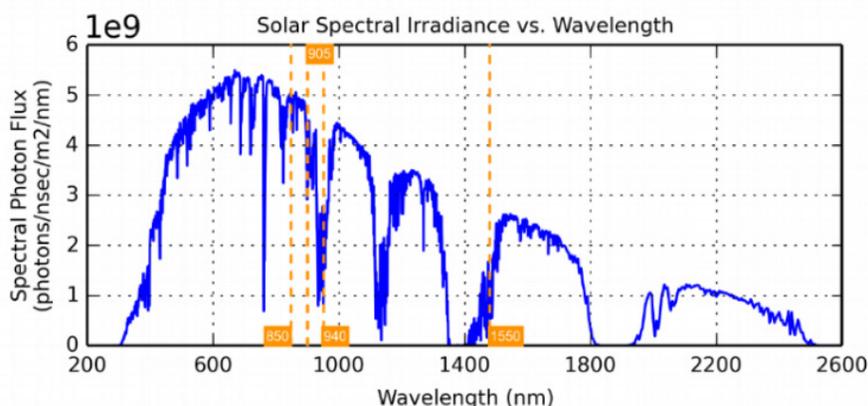


Sensor OS1-64 instalado para mapeo en un vehículo en la sede central de Ouster en San Francisco.

Una inusual longitud de onda operativa

Aunque la tecnología LiDAR es aplicable a una amplia gama de longitudes de onda, uno de los aspectos más singulares de los sensores de Ouster es operar en la longitud de onda de 850 nm. Generalmente los láseres de un sensor lidar deben superar la luz solar ambiental para poder ver los obstáculos. Como resultado, los fabricantes de láser escáner a menudo eligen longitudes de onda operativas en regiones de bajo flujo solar para facilitar el diseño del sistema. La decisión de operar a 850 nm va en contra de esta tendencia.

Un diagrama de flujo de fotones solares, en comparación con la longitud de onda a nivel del suelo (la cantidad de luz solar que golpea la tierra en comparación con la longitud de onda), muestra que a 850 nm se dispone de casi el doble de luz solar que a 905 nm, hasta diez veces más de luz solar que a 940 nm, y hasta tres veces más de luz solar que a 1550 nm. Todas estas longitudes de onda son las utilizadas en los sistemas lidar conocidos hasta hoy.



La decisión de utilizar como longitud de onda 850 nm va en contra del resto de la industria, sin embargo, uno de los avances patentados es el excepcional rechazo de la luz ambiental, lo que hace que el flujo ambiental efectivo que el sensor de Ouster ve, sea mucho menor que el flujo efectivo de otros sensores LiDAR en otras longitudes de onda, incluso teniendo en cuenta las diferencias en el espectro solar. El diseño de Ouster convierte lo que normalmente sería una desventaja en una serie de ventajas decisivas:

1. Mejor rendimiento ante humedad: La absorción de vapor de agua en la atmósfera superior causa inmersiones útiles en el espectro solar a 905, 940 y 1550 nm pero, en condiciones de humedad y niebla a nivel del suelo, el mismo efecto absorbe la valiosa energía láser cuando los pulsos láser se transmiten a través del aire, lo que resulta en una menor cantidad de luz láser captada por el receptor del lidar. El espectro de 850 nm en cambio, tiene un menor nivel de absorción de agua en cualquier condición, tanto como varios órdenes de magnitud mejor que otras longitudes de onda operativas muy usadas en dispositivos lidar, como, por ejemplo, 1550 nm. Esto significa que nuestros láseres no se absorben en condiciones húmedas y logramos una operación más consistente en general. Los problemas de absorción de vapor de agua no deben confundirse con los relacionados con el agua líquida en la atmósfera, como por ejemplo, la lluvia, o con la niebla densa, que son condiciones difíciles pero superables para todos los sensores lidar.

2. Sensibilidad mejorada en CMOS: Los detectores CMOS de silicio son mucho más sensibles a 850 nm que a longitudes de onda mayores. La sensibilidad se reduce incluso hasta la mitad entre 850 y 905 nm. El diseño de Ouster a 850 nm permite detectar más luz láser reflejada hacia el sensor, lo que equivale a un mayor alcance y una mayor resolución.

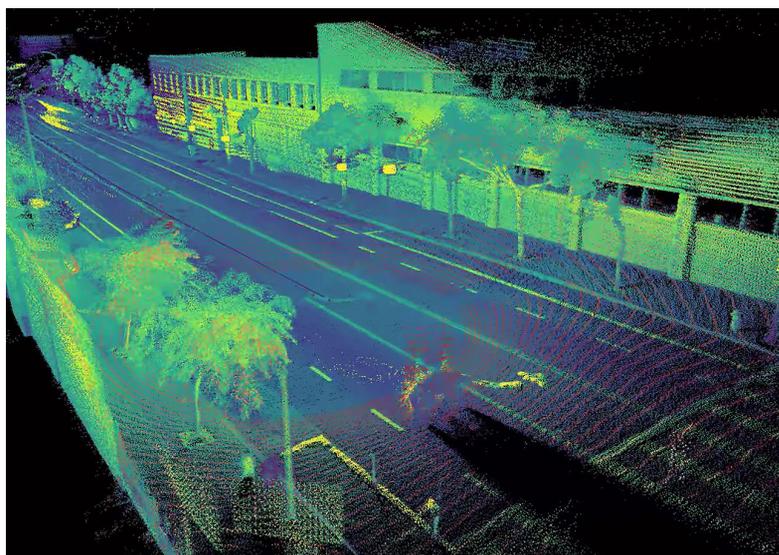
3. Imágenes ambientales de alta calidad: La última versión del firmware permite al OS1 recopilar imágenes ambientales además de imágenes lidar, y la longitud de onda operativa de 850 nm tiene mucho que ver con esto. Como hay más fotones del sol que capturar a 850 nm, las imágenes tienen una mayor relación señal/ruido y son más útiles al amanecer, al atardecer o en días nublados.

4. Acceso a tecnologías de menor potencia y mayor eficiencia: Si bien es más un resultado de la supresión de la luz ambiental que del espectro de 850 nm específicamente, el IP ha permitido reducir el «ruido de fondo» ambiental en cualquier longitud de onda operativa en más de un orden de magnitud en comparación con nuestros competidores. Esto permite utilizar una variedad de tecnologías de baja potencia y alta eficiencia, en el láser y el receptor, que tradicionalmente se consideraban imposibles de incorporar a un lidar de alto rendimiento (podrá encontrar más información sobre esto más adelante). **La tecnología de Ouster se centra en hacer más con menos: menos costes, menos energía, menor tamaño y menos componentes.**

Los láseres utilizados por Ouster están muy por debajo del límite de la seguridad ocular y han sido certificados como láseres de Clase 1, seguros para los ojos.

Tecnología lidar con flash multihaz con SPAD y VCSEL

Una de las reacciones más consistentes que hemos recibido de los clientes (algunos de los cuales han intentado y fallado en desarrollar sus propios sistemas lidar) es su sorpresa porque hayamos logrado un rendimiento tan alto con un enfoque de todos los semiconductores que aprovecha



Salida SLAM-Simultaneous Localization and Mapping
- desde un sensor OS1-64.

una combinación única de detectores láser: los láseres de emisión de superficie de cavidad vertical (vertical cavity surface emitting lasers) -VCSEL- y los diodos de avalancha de fotón único (single photon avalanche diodes) -SPAD-. Los VCSEL y los SPAD son tecnologías láser y de detección de vanguardia que se utilizan ampliamente en mercados fuera del lidar: están en teléfonos inteligentes, ratones ópticos, equipos médicos, infraestructura de telecomunicaciones, y más. Sin embargo, hasta ahora ha habido desafíos insuperables para usarlos en sistemas LiDAR de alta resolución.

Ouster es la primera compañía que demuestra e incluso comercializa una combinación de sensores de largo alcance y alta resolución con VCSEL y SPAD en todas las condiciones ambientales.

Hay una razón para esto: es muy difícil.

Si bien existen múltiples empresas lidar que utilizan láseres de diodo de emisión lateral y APDs, empresas de FMCW/lidar doppler que utilizan fibra óptica y láser de frecuencia sintonizable del estilo de las telecomunicaciones, empresas de lidars de 1550 nm de Galvo usando láseres de fibra, y empresas lidar de escaneo MEMS, Ouster es la primera empresa en comercializar un enfoque SPAD y VCSEL de alto rendimiento.

Así se explica la tecnología lidar flash multihaz

Durante los últimos tres años, Ouster ha desarrollado un diseño para resolver los problemas que mantenían a estas tecnologías de un solo chip fuera del lidar, lo que culminó en la arquitectura de la tecnología lidar con flash multihaz que se beneficia de las fortalezas de los VCSEL y SPAD. En este caso, «flash» se refiere a la idea de que cada píxel del sensor se ilumina con el láser y recoge, a su vez, la luz de manera activa, como si fuera una cámara con flash; y «multihaz» se refiere al hecho de que la escena no se ilumina mediante iluminación por inundación, sino con haces de luz precisos.

Este segundo punto se remonta al enfoque de Ouster sobre la eficiencia: la iluminación por

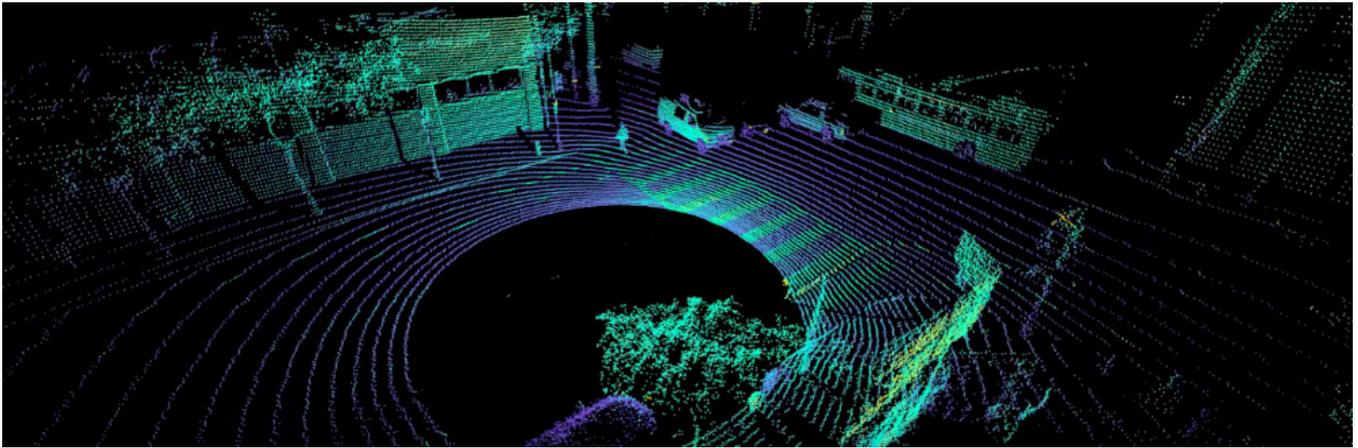
inundación en el lidar de flash convencional, si bien es más simple de desarrollar, desperdicia energía láser en ubicaciones que los detectores no están observando. Al enviar haces de precisión solo donde nuestros detectores están mirando, logramos una importante mejora de la eficiencia en comparación con un lidar de flash convencional.

Además, los VCSEL no son tan brillantes (todavía) y los SPAD no son tan eficientes (todavía) como las tecnologías de alto coste heredadas que se utilizan actualmente. Sin embargo, lo que a cada uno le falta en rendimiento bruto lo compensa en prácticamente cualquier otro aspecto: fiabilidad, durabilidad, bajo nivel de ruido, operación a alta temperatura, eficiencia eléctrica, compacidad, coste, integración directa con componentes periféricos, actividad masiva de I+D de periféricos impulsada por la industria de la electrónica de consumo, y un espacio igualmente masivo para mejoras fundamentales en el rendimiento.

Este último punto es sumamente importante: a diferencia de otras tecnologías, los VCSEL y los SPAD mejorarán de forma realista su rendimiento fundamental en 10 veces cada uno, y Ouster está a la vanguardia de esta iniciativa, ya que invierte en I+D para mejorar las características básicas de estos dispositivos. Con su tecnología, los sensores lidar compactos con resoluciones HD están vislumbrándose.

Llevar el rendimiento de VCSEL al límite

Utilizamos los VCSEL porque son más pequeños, ligeros, duraderos, rápidos, fáciles de fabricar y eficientes que otras tecnologías láser. Mientras que hoy en día algunos láseres pulsados usados en sistemas lidar (por ejemplo, los láseres de fibra de 1550 nm) pueden costar miles de dólares y consumir decenas o cientos de vatios de energía eléctrica, los VCSEL de Ouster están en órdenes de magnitud más baratos y consumen vatios de un solo dígito de potencia en un coeficiente de forma diminuto. También se encuentran, en términos de rendimiento, volumen y costo, en una curva de mejora similar a la ley de Moore, con cientos de miles de millones de VCSEL enviados a todo el mundo hasta la fecha.



Salida de nubes de puntos desde un solo sensor OS1-64.

Al mismo tiempo, estos VCSEL no se parecen en nada a los que se utilizan en un ratón óptico o en un smartphone. Ouster ha desarrollado módulos VCSEL personalizados que combinan todos los láseres en un solo módulo semiconductor, y han hecho grandes avances a todos los niveles del diseño para aumentar el brillo efectivo de VCSEL en órdenes de magnitud, a la vez que se reducen sus pulsos de luz a unos pocos nanosegundos.

El módulo único VCSEL tiene la ventaja añadida de reducir masivamente la complejidad y el coste del sistema. Mientras que otros sensores lidar tienen decenas o incluso cientos de chips láser muy costosos y circuitos de controladores láser cuidadosamente colocados en una placa de circuito, los sensores Ouster utilizan un único controlador láser y un único troquel láser. Un trozo de vidrio no más grande que un grano de arroz es todo lo que se necesita para que un OS1-64 pueda ver a 140 metros en todas las direcciones. Que Ouster haya conseguido que esto funcione, y que lo haga tan bien, es un logro increíble de micro-fabricación.

Un nuevo CMOS ASIC con detectores SPAD

El segundo chip del lidar con flash es el detector CMOS ASIC diseñado a medida, que incorpora un avanzado conjunto de SPAD. Los SPAD son un tipo relativamente nuevo de fotosensor que crea un pulso binario cuando se detecta un fotón en lugar de un píxel tradicional de la cámara que genera una señal analógica que varía continuamente en función de la cantidad de luz que se proyecte en el detector. Los SPAD tienen sensibilidad de un solo fotón, bajo nivel de ruido y una resolución

de temporización extremadamente buena (una fluctuación entre 10 ps y 100 ps es habitual. Esto son picosegundos, es decir, una trillonésima parte de segundo), lo que los hace perfectos para detectar y cronometrar los pulsos láser ultra cortos en el lidar.

Al igual que los VCSEL, los SPAD de CMOS tienen muchas ventajas prácticas sobre los enfoques tradicionales de otros fabricantes de lidar. Lo más importante es que pueden integrarse directamente en una oblea CMOS, lo que permite incorporar cantidades masivas de procesamiento de señal en el chip de silicio justo al lado de los detectores.

A medida que las resoluciones del lidar y las velocidades de datos continúan aumentando, el procesamiento de la señal en el chip es esencial; el detector OS1-64 actual es capaz de contar y almacenar más de un billón de fotones por segundo en la memoria del chip. Esta es una cantidad titánica de datos, y hemos incluido más de 100 GMAC por segundo (1 GMAC = mil millones de operaciones de acumulación multiplicada) de lógica de procesamiento de señal en más de 10 millones de transistores para producir finalmente los millones de puntos 3D por segundo que los clientes utilizan para conducir automóviles, mapear entornos e identificar obstáculos.

Los requisitos de procesamiento solo van a aumentar, y Ouster está liderando el camino con su silicio personalizado.

Los SPAD también se están moviendo a lo largo de una curva de rendimiento similar a la ley de Moore. Si bien los SPAD de hoy en día pueden

tener una eficiencia del 2-5 % (la eficiencia aquí se mide como el porcentaje de fotones que golpean el detector y disparan un pulso binario. La mayoría de los fotones viajan a través del silicio sin causar un pulso que lo dispare, lo que supondría un problema), los nuevos SPADs demuestran entre un 20 y un 30 % de eficiencia (a 850 nm), y se puede alcanzar hasta el 80 % a medida que la tecnología madura. Los aumentos en la eficiencia del detector SPAD incrementan directamente el rango y la resolución del sensor. Un aumento de eficiencia de hasta diez veces más hace que un OS1 con 640 líneas de resolución no solo sea posible, sino extremadamente probable. A diferencia de las tecnologías de detectores heredadas que se utilizan en los lidar, la tecnología SPAD ya alcanza un rendimiento líder en el mercado, pero aún queda más de un orden de magnitud de mejora.

Silicio de alta calidad

El desarrollo de los ASIC de la marca es clave para avanzar en gran medida en términos de rendimiento y coste, pero el enfoque no está exento de riesgos. Cada tape-out ASIC —un tape-out es un término de la industria para producir un conjunto de máscaras litográficas inalterables y de alto coste que se utilizan en la producción de las obleas— es una inversión multimillonaria con plazos de entrega medidos en trimestres o años. Los errores en un diseño pueden ocurrir, y de hecho ocurren, y a menudo no se pueden arreglar. No existe tal cosa como recompilar su ASIC. Durante los primeros tres años, un error con un tape-out podría haber terminado con la compañía, pero el equipo ASIC de Ouster ha destacado una y otra vez y ahora han entregado siete ASIC exitosos, a cada cual más potente, más fiable y más refinado que el anterior. La ejecución de este equipo en este entorno de alto riesgo ha valido la pena, pero no se da por sentado.

El camino a la carretera

Ouster ha comercializado con éxito el primer lidar con flash multihaz mediante el uso de VCSEL y SPAD a través de una elección estratégica de longitud de onda operativa, avances fundamentales en la supresión de la luz ambiente, y matrices VCSEL y SPAD personalizadas y estrechamente integradas. Con este enfoque único, Ouster es capaz de ofrecer un sensor 3D más robusto y de mayor calidad a un precio de venta al público más bajo y una factura de materiales menor que cualquier otra empresa del mercado.

Con más de una docena de patentes adicionales pendientes, se está logrando más que el hecho de construir tecnología interesante y productos de alto rendimiento: la empresa se ha posicionado como un líder tecnológico en el mercado competitivo de la tecnología lidar.

Escribir sobre esta tecnología es genial, pero enviar productos de alto rendimiento es mucho más satisfactorio. Ahora se envían sensores, y cientos de clientes los utilizan en una amplia variedad de industrias, como, por ejemplo, la automotriz, y de vehículos autónomos, robótica, cartografía, seguridad y VANT.

En caso de que tenga necesidades de detección 3D, póngase en contacto con nosotros. ¡Recibirá toda la información necesaria!

grupoalava.com | alava@grupoalava.com

915 679 700 | Edificio Antalia. Albasanz 16. 28037 Madrid

MADRID · BARCELONA · ZARAGOZA · LISBOA · MIAMI · DALLAS · LOS ANGELES