

Quel est l'intérêt du NVMe Express pour le marché de l'embarqué ?

La technologie NVMe Express (NVMe) s'est imposée sur les marchés de l'entreprise et du grand public. Mais d'aucuns se demandent maintenant si ce protocole ultrarapide pour disques statiques à semi-conducteurs (SSD, Solid State Disk) a également un avenir dans le domaine de l'embarqué. Mouser répond à cette interrogation.

Conçu pour répondre aux besoins de vitesse lors des phases de lecture et d'écriture de données sur des sous-systèmes de stockage, le protocole NVMe Express (NVMe) a élevé les indicateurs de performance dès le premier jour. En étant axé sur le parallélisme, il a été capable de libérer tout le potentiel des meilleurs disques statiques à semi-conducteurs (SSD, Solid State Disk) pour les applications d'entreprise et les applications grand public. Toutefois, les marchés des systèmes embarqués et industriels se distinguent par des contraintes très différentes de celles auxquelles sont confrontés la plupart des utilisateurs du monde de l'entreprise et des consommateurs grand public. Au-delà de la vitesse, les applications embarquées et industrielles tendent plutôt à se focaliser sur des aspects tels que la fiabilité, la consommation d'énergie et le facteur de forme. Il y a donc un débat quant à savoir si les récentes améliorations des spécifications NVMe lui permettront de rivaliser dans le domaine de l'embarqué face à des protocoles aujourd'hui éprouvés comme le SATA, auxquels sont habitués les ingénieurs développant des applications embarquées.

Comprendre le NVMe

Publié en 2012, le NVMe est un protocole de stockage conçu pour les disques de mémoire flash et fonctionnant au-dessus du bus PCI Express (PCIe). Alors que les protocoles traditionnels tels que le SATA ont été conçus à l'ère des disques magnétiques rotatifs, le NVMe a été créé dès le départ pour libérer tout le

AUTEUR



Mark Patrick,
Technical
Marketing
Manager,
EMEA, Mouser
Electronics.

potentiel du stockage sur mémoire flash. Pour ce faire, il exploite le parallélisme intrinsèque des systèmes informatiques d'aujourd'hui, ainsi que la nature à accès aléatoire du stockage flash. A la différence du SATA qui gère une seule file d'attente de commandes pour un maximum de 32 commandes en attente, le NVMe prend en charge jusqu'à 64 000 files d'attente, chacune avec jusqu'à un maximum de 64 000 commandes.

Comme le protocole fonctionne sur le bus PCIe, le NVMe est une interface entièrement évolutive qui peut s'accommoder de vitesses de transmission maximales très élevées. Alors que le SATA III plafonne à 600 Mo/s, la vitesse du bus NVMe est en fait déterminée par le nombre de voies PCIe prises en charge. Avec des

voies qui affichent un taux de transfert de données de 1 Go/s dans le cas du PCIe Gen3, le débit peut donc être un multiple de cette valeur. De plus, en tant que protocole fonctionnant directement sur le bus PCIe, le NVMe n'a pas besoin d'un contrôleur d'E/S ou d'un adaptateur de bus hôte, à la différence du SATA ou du SCSI. Une caractéristique qui réduit le temps de latence et la consommation d'énergie globale du système. Contrairement à son principal concurrent SATA qui définit un connecteur, un bus et un protocole logique (AHCI), le NVMe décrit simplement une couche de protocole logique qui s'exécute sur le bus PCIe. Par ailleurs, les dispositifs NVMe peuvent être disponibles dans une variété de facteurs de forme et peuvent être reliés avec un connecteur

COMPARAISON DES CARACTÉRISTIQUES DES PROTOCOLES AHCI (SATA) ET NVME EXPRESS

	AHCI	
Uncacheable Register Reads Each consumes 2000 CPU cycles	4 per command 8000 cycles, ~ 2.5 µs	0 per command
MSI-X and Interrupt Steering Ensures one core not IOPs bottleneck	No	Yes
Parallelism & Multiple Threads Ensures one core not IOPs bottleneck	Requires synchronization lock to issue command	No locking, doorbell register per Queue
Maximum Queue Depth Ensures one core not IOPs bottleneck	1 Queue 32 Commands per Q	64K Queues 64K Commands per Q
Efficiency for 4KB Commands 4KB critical in Client and Enterprise	Command parameters require two serialized host DRAM fetches	Command parameters in one 64B fetch

Alors que, pour émettre une commande, le protocole AHCI requiert quatre lectures de registre qui ne sont pas stockables en cache, le NVMe, lui, ne nécessite aucune opération de ce type, d'où une latence plus faible (Source : Intel).

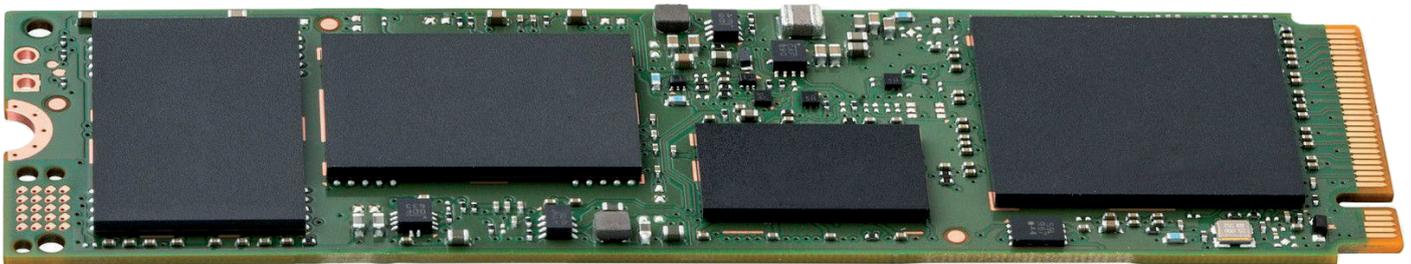
teur physique PCIe, M.2 ou U.2. Par rapport au SATA, le NVMe ne se distingue pas seulement par des vitesses de transfert plus élevées ; il fonctionne aussi en général de façon plus efficace. Alors que, pour émettre une commande, le protocole AHCI requiert quatre lectures de registre qui ne sont pas stockables en cache, le NVMe, lui, ne nécessite aucune opération de ce type, d'où une latence plus faible (voir tableau). Il utilise aussi un jeu de commandes simplifié qui, pour traiter une requête d'entrée/sortie, a besoin de moins de la moitié du nombre de cycles d'horloge de CPU exigés par le SATA. Il est aussi possible d'effectuer de petites opérations d'E/S aléatoires plus efficacement. Une demande de

l'Internet des objets, de balises Bluetooth, de smartphones ou de dispositifs électroniques portés sur soi, on a en général affaire ici à des appareils fonctionnant sur batterie, où le budget énergétique est de prime importance. Sur ce marché, la vitesse est rarement le facteur de choix principal. Ce sont plutôt la disponibilité de formats compacts assurant une fiabilité élevée et surtout la faible consommation qui sont les critères principaux pris en compte.

Le NVMe est en fait doté de capacités avancées de notification et de gestion des erreurs, et peut assurer une protection des données de bout en bout. Ce niveau de protection s'appuie sur des marqueurs (tags) de métadonnées pour assurer que les

La technologie NVMe peut aussi garantir une très faible consommation d'énergie. En termes d'efficacité, l'exécution des opérations d'E/S (comme nous l'avons déjà mentionné) requiert moins de cycles de processeur que celles avec le protocole SATA, en ce grâce à un jeu de commandes plus rationalisé. Étant donné que les lectures de registre sans antémémoire sont éliminées et que les opérations d'écriture nécessitent au plus une lecture de registre, les petites opérations d'E/S exécutées de façon aléatoire peuvent aussi s'avérer extrêmement efficaces. Le protocole rationalisé et les performances rapides du NVMe lui permettent d'afficher une efficacité énergétique supérieure lorsque le

- Le module SSD 3D Nand de la Série 600p d'Intel, grâce à son interface NVMe compatible PCIe Gen3 x4, est jusqu'à dix-sept fois plus rapide qu'un disque dur magnétique (HDD) traditionnel et trois fois plus rapide que les SSD conventionnels reposant sur le SATA. Il est capable de réduire la consommation d'énergie de plus de 90 % par rapport à celle d'un HDD, et de prolonger ainsi significativement l'autonomie de la batterie associée.



lecture de 4 Ko exige deux instructions avec le SATA, alors qu'une seule instruction est nécessaire avec le NVMe.

Mise en œuvre embarquée du NVMe

Alors que les avantages d'un dispositif NVMe pour le stockage haut de gamme en entreprise et pour le grand public sont évidents, cela l'est moins à première vue dans le cadre d'une mise en œuvre d'une application embarquée moderne. Après tout, le SATA est utilisé avec succès depuis de nombreuses années et si ça marche, alors pourquoi changer ? La vitesse de transfert élevée n'est toutefois pas la seule caractéristique marquante du NVMe. Bien que ce protocole ait été initialement conçu pour satisfaire les besoins des clients en entreprise, l'efficacité intrinsèque du NVMe offre en effet des avantages tangibles aux ingénieurs embarqués. Les applications embarquées à faible consommation constituent aujourd'hui un marché énorme. Qu'il s'agisse d'équipements pour

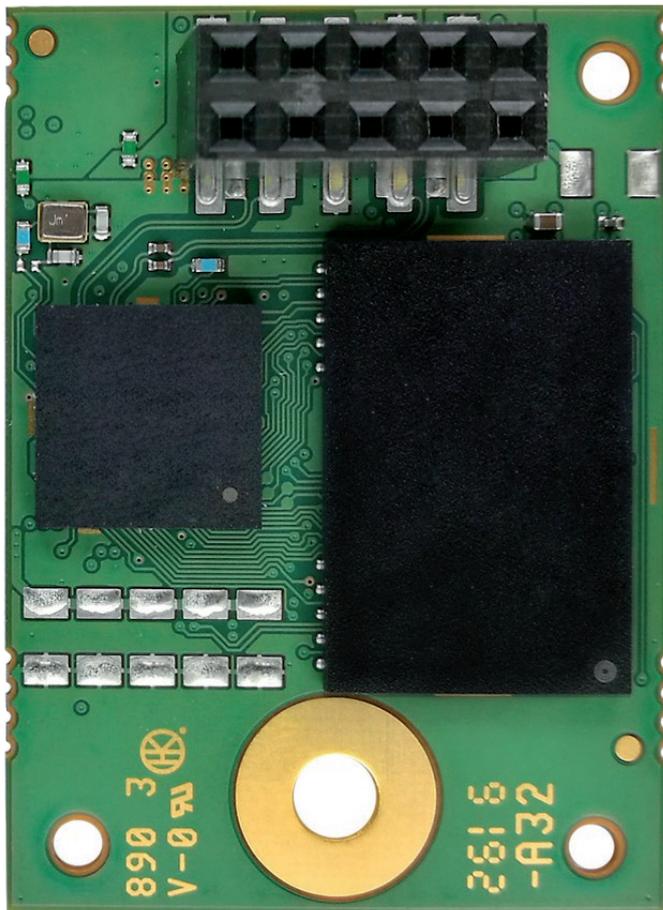
données écrites sur le disque et les données lues à partir du disque sont correctes, ce qui est utile pour les applications où l'intégrité des données est critique.

Tandis que le NVMe ne nécessite pas l'adhésion à des dimensions et à un format prédéfinis, il est compatible avec le facteur de forme M.2, qui est l'un des facteurs de forme pour SSD les plus compacts du marché. Le standard M.2 permet des largeurs de module situées entre 12 mm et 30 mm et des longueurs comprises entre 16 mm et 110 mm. Bien que les SSD M.2 grand public doivent généralement s'appuyer sur des facteurs de forme plus longs pour accueillir de grandes capacités mémoire, le standard M.2 peut être utilisé sans problème dans les systèmes embarqués qui ne nécessitent pas de telles capacités et qui peuvent ainsi utiliser des SSD extrêmement compacts. Au-delà du format M.2, les SSD NVMe sont également disponibles en boîtiers BGA, ce qui leur permet de concurrencer de front les disques eMMC.

disque est actif. La prise en charge des fonctionnalités de gestion d'alimentation du PCIe le rend également efficace même lorsque le disque est inactif.

Le lien PCIe peut consommer de l'énergie de façon significative, et ce jusqu'à 50 mW, même dans son traditionnel état inactif L1. C'est la raison pour laquelle ont été introduites des modalités avancées de gestion de la consommation, pour abaisser encore davantage la consommation en mode veille. Le sous-état L1.1 réduit la consommation d'énergie tout en maintenant la tension de mode commun, et le sous-état L1.2 désactive les circuits à haut débit. En prenant en charge ces deux modes, les SSD NVMe peuvent atteindre une consommation d'énergie en mode veille de seulement 2,5 mW, soit 50 % de moins que le mode veille DevSLP correspondant de la plupart des SSD SATA.

En outre, bien que le mode DevSLP SATA s'appuie sur un signal envoyé par le système d'exploitation pour entrer dans le mode d'économie



• Lors du Flash Memory Summit 2017, qui s'est tenu durant l'été 2017, Swissbit, a dévoilé son N-10. Il s'agit d'un prototype de module SSD NVMe PCIe au format M.2 avec une disposition à 2 voies, 4 canaux, qui cible directement les conceptions de systèmes avec de fortes contraintes thermiques et situés dans des environnements restreints dans le domaine de l'embarqué. Il sera en mesure d'offrir le double des performances d'un SSD SATA à 6 Gbit/s, tout en réduisant aussi significativement la consommation d'énergie.

tablettes, les ordinateurs portables ainsi que les routeurs et passerelles conçus pour effectuer du traitement et de

l'analyse de données en périphérie de réseau.

Si les appareils mobiles sont alimentés sur batterie et disposent de réserves d'énergie limitées, ils n'en exigent pas moins des capacités de stockage considérables et les performances en la matière sont très importantes. Dans ce cadre, le NVMe est une option qui convient très bien grâce à ses performances, son facteur de forme compact et ses caractéristiques de basse consommation, ainsi qu'à son intégration simple qui ne nécessite pas de contrôleur de stockage hôte. Le NVMe 1.2 a d'ailleurs introduit la fonction de mémoire tampon hôte (HMB, Host Member Buffer) qui permet aux SSD NVMe d'utiliser une zone de la mémoire DRAM du système hôte pour remplacer la DRAM généralement intégrée dans le contrôleur du SSD. Le SSD NVMe peut donc être plus compact, beaucoup moins cher et plus économe en énergie, tout en permettant des vitesses de transfert élevées.

L'edge computing (ou traitement en bordure de réseau) s'avère être un autre domaine où la capacité de stockage et les performances sont essentielles. Applicable aux marchés

des véhicules autonomes, des drones, des routeurs et des passerelles qui effectuent du traitement de données, l'edge computing découle du fait que tous les traitements ne peuvent ou ne devraient pas être effectués dans le nuage. Dans une usine fortement automatisée, une passerelle IoT peut envoyer des données de production vers le nuage pour l'analyse de type Big Data, mais elle peut aussi effectuer des analyses élémentaires sur ces données afin de fournir un retour d'information en temps réel pour améliorer l'efficacité de production. Patienter pour un retour du nuage dans ce cas précis prendrait selon toute probabilité trop de temps pour que les données traitées soient réellement utiles. Il se peut que ces passerelles n'affichent pas le même niveau de performance que les serveurs d'entreprise, mais la latence et la bande passante s'avèrent ici extrêmement importantes afin que le traitement des données soit réalisé en temps réel, ce qui rend le choix du NVMe tout naturel.

Le NVMe pour le stockage embarqué

Le marché du stockage embarqué est vaste et diversifié, avec des besoins très divers qui s'étagent entre une consommation très faible jusqu'à des performances capables de rivaliser avec celles des ordinateurs ou même des serveurs. Alors que l'objectif du NVMe a été principalement de garantir un nombre élevé d'opérations d'entrées/sorties par seconde (IOPS) pour les centres de données et similaires, l'efficacité de ce protocole le rend aussi de plus en plus attractif pour les applications de stockage embarqué.

Dans le cas des dispositifs embarqués de faible consommation, le NVMe peut en outre être adapté aux dimensions les plus compactes. Sa pile logicielle légère et une interface directe au bus PCIe font qu'il est rapide, efficace et facile à mettre en œuvre. La capacité de prendre en charge les états de faible consommation du PCIe contribue également à maintenir la consommation d'énergie au minimum. Bien qu'il soit peu probable que le NVMe remplace l'eMMC, ses avantages en font un bon candidat pour les applications où le mSATA est actuellement utilisé. ■

d'énergie, les disques NVMe peuvent utiliser des transitions autonomes entre modes de consommation, qui sont programmées dans le contrôleur du disque. Cette caractéristique permet au disque d'entrer et de sortir rapidement et de façon autonome du mode d'économie d'énergie au niveau matériel, en maximisant le temps passé en veille et en minimisant les temps de réveil.

Bien que le NVMe ne se pose pas en véritable concurrent des solutions de stockage flash eMMC pour les systèmes embarqués bas coût et basse consommation, sa pile protocolaire optimisée, sa faible consommation et son facteur de forme compact en font une bonne option de remplacement pour les disques mSATA dans la prochaine génération d'équipements embarqués fonctionnant sur batterie.

Le NVMe pour les terminaux mobiles et l'edge computing

Au-delà des dispositifs de faible consommation, l'informatique mobile et l'edge computing sont également des secteurs en pleine progression dans le domaine de l'embarqué. Parmi ces applications figurent les smartphones, les