

DDR4 LRDIMMs machen alles möglich

LRDIMMs bieten eine überlegene Alternative für tieferen Speicher *und* eine höhere Datenbandbreite

Autoren: Douglas Malech und Sameer Kuppahalli, IDT; Ryan Baxter und Eric Caward, Micron Technology, mit Unterstützung des HP Server Architecture Teams

Einleitung

Traditionell stellen LRDIMMs und RDIMMs sich ergänzende Lösungen für Rechenzentren bzw. Enterprise Server dar: LRDIMMs für Anwendungen, die einen tiefen Speicher erfordern und RDIMMs für Anwendungen, die eine höhere Datenbandbreite erfordern. Mit der Einführung von 8-Gigabit (Gb) DRAMs zeigt dieses Whitepaper nun auf, dass LRDIMMs eine überlegene Alternative für tieferen Speicher *und* eine höhere Datenbandbreite sind. Insbesondere 32-GB 2RX4 LRDIMMs auf Basis von 8-Gb DDR4 DRAMs übertreffen 32-GB 2RX4 RDIMMs in Sachen Server-Speicherkapazität und Bandbreite.

Tiefere Speicher und eine höhere Datenbandbreite sind gefragt

Immer mehr Internet-Anwendungen profitieren von tieferen Speichern und einer höheren Datenbandbreite, wie z.B. IMDBs (In-Memory-Datenbanken). Größere IMDBs bedeuten, dass mehr Daten im High-Speed DDR4 DRAM verbleiben können, was während der Datenverarbeitung den Datenaustausch zu langsameren Speichermedien verringert. Damit werden speicherintensive Anwendungen schneller ausgeführt. Zu IMDB-Anwendungen zählen z.B. die Datenanalyse, Finanz- und Suchalgorithmen und Gaming. Bild 1 zeigt einige Beispiele.

Bild 1

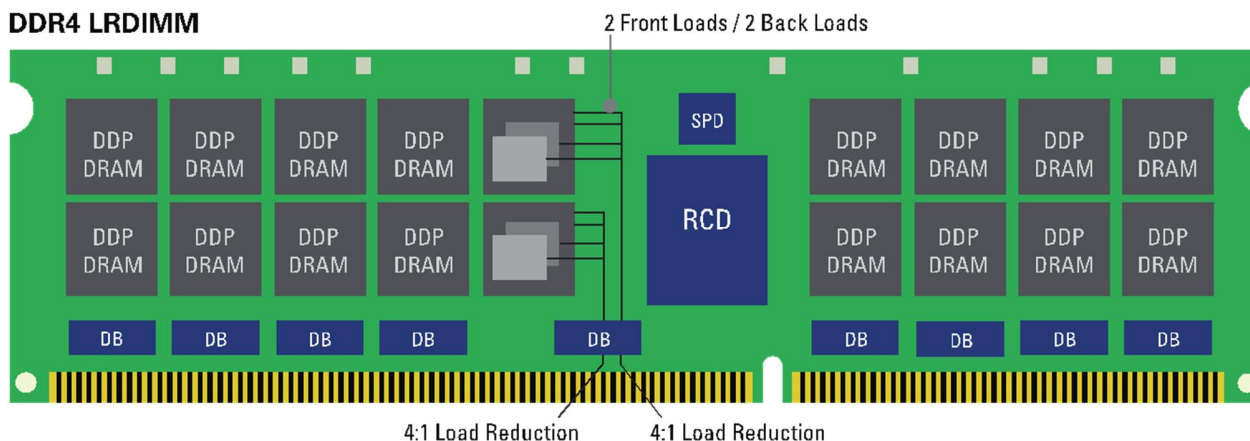
Anwendung	Zu lösendes Problem	Vorteil durch tieferen Speicher	Vorteil durch höhere Bandbreite
In-Memory-Datenbanken	Datenbank-Reaktionszeit beschleunigen	Gesamte Datenbank im Speicher halten, um Rd/Wrt-Zugriff auf langsamere Speichermedien zu verringern	Schnellere Verarbeitung bedeutet schnellere Ergebnisse
Soziale Medien	Text, Bilder und Video schneller zwischen Anwendern austauschen	Inhalte zwischenspeichern für schnelleren Zugriff, z.B. Streaming Video	Sofortige Reaktion ist erwünscht
Big Data	Immer größere Datenmengen in kurzer Zeit analysieren	Gesamten Datensatz im Speicher halten, um Rd/Wrt-Zugriff auf langsamere Speichermedien zu verringern	Schnellere Verarbeitung bedeutet schnellere Ergebnisse
Suchalgorithmen	Schnellere Suchalgorithmen	Gesamte Datenbank im Speicher halten, um Rd/Wrt-Zugriff auf langsamere Speicher zu verringern	Sofortige Reaktion ist erwünscht
Finanzwesen	Reaktionszeit von Finanzalgorithmen beschleunigen	Selbst Verbesserungen im ms-Bereich können Mio. \$ Gewinn bedeuten	Selbst Verbesserungen im ms-Bereich können Mio. \$ Gewinn bedeuten
Virtuelle Server	Mehrere virtuelle Server auf einem physikalischen Server	Wird mehr Speicher mit mehr Prozessor-Cores vereint, ergeben sich mehr virtuelle Server	Die Geschwindigkeit virtueller Server sollte sich nicht verlangsamen, wenn deren Zahl zunimmt
IoT	Multi-Sensor-Dauerübertragung in Echtzeit	Schnelles Ein- und Auslesen großer Sensor-Datensätze mit minimalem Zugriff auf langsamere Speicher	Echtzeit-Anforderungen erfüllen

Vorteile durch LRDIMM

Vor 8-Gb DRAMs wurden 32-GB LRDIMMs angeboten, die teurere 4-Gb DRAMs im DDP-Gehäuse¹ enthielten (Bild 2). In 32-GB 4RX4 LRDIMMs, die auf 4-Gb DRAMs basieren teilen sich zwei DRAM-Datenladungen an der Vorderseite des DDP und zwei an der Rückseite des DDP den gleichen Datenbus. Diese vier DRAM-Datenladungen werden durch die einzigartige Datenpufferungsarchitektur des LRDIMM auf eine Datenpuffer-Last verringert.

Bild 2

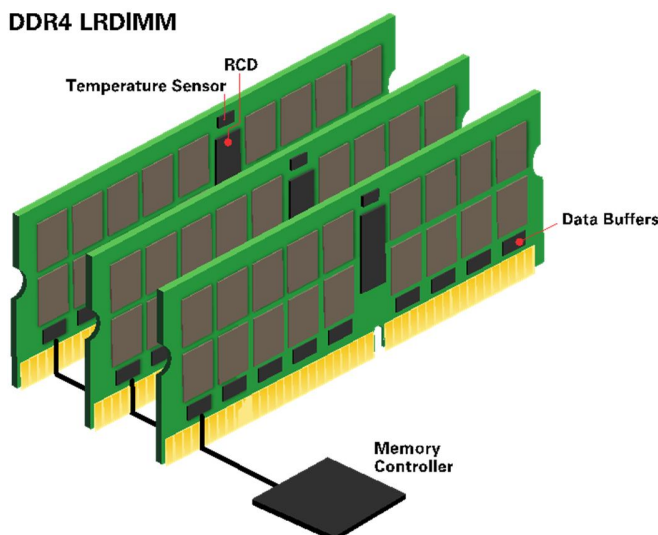
DDR4 LRDIMM



Durch diese Datenlast-Verringerung sind beim Auffüllen von drei LRDIMMs in einem Speicherkanal nur drei Lasten vorhanden. Zudem sind die neun Datenpuffer physikalisch sehr nah am Stecker lokalisiert, was die Datenübertragungslänge (Leitung) verringert. Kürzere und weniger Leitungen verbessern die Signalintegrität. Bild 3 zeigt einen Speichercontroller-Kanal (MCH; Memory Controller Channel), der mit drei LRDIMMs (3 DPC) konfiguriert wurde. Eine verbesserte Signalintegrität erhöht die Signalmarge, was die Zuverlässigkeit des Serversystems erhöht, wenn Tausende von Speichermodulen in Hunderten von Servern in einem Rechenzentrum betrieben werden.

Bild 3

DDR4 LRDIMM



¹DDP = Dual Die Package. Zwei DRAM-Chips in einem einzelnen DRAM-Gehäuse.

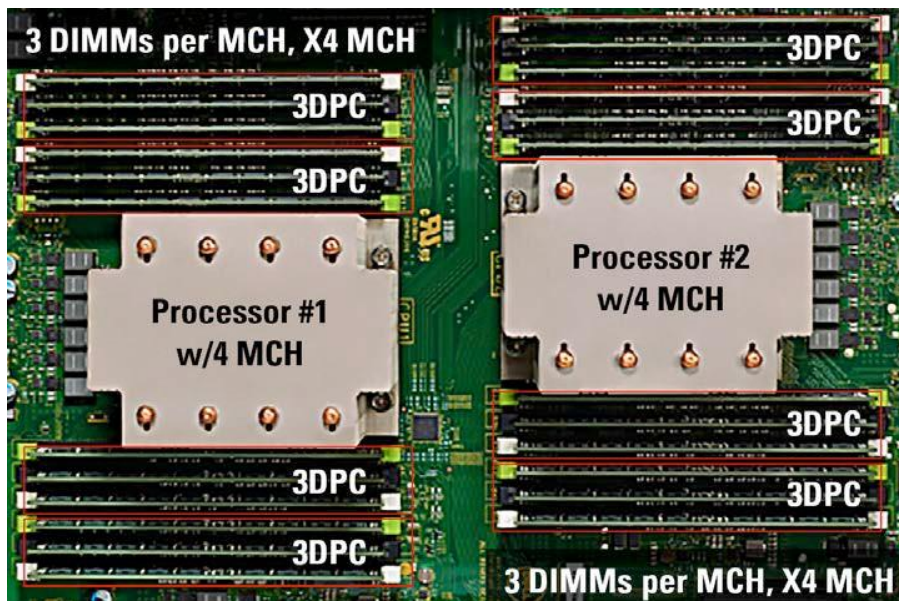
Im Gegensatz zu 32-GB 4RX4 LRDIMMs wurden keine 32-GB 4RX4 RDIMMs entwickelt, da bei Nulllast Datenpuffer verringert werden und alle vier DRAM-Datenlasten für den MCH-Kanal sichtbar wären. Dies repräsentiert 12 Lasten in einer 3-RDIMM-pro-MCH-Konfiguration (4 DRAM-Lasten x 3 RDIMM). Hinzu kommt, dass sich ohne Datenpuffer der Signalabstand von den DRAMs zum Anschluss vergrößert. Eine längere Übertragungsleitung und mehr Leitungen verschlechtern die Signalintegrität. Deshalb hören RDIMMs auf Basis von 4-Gb DRAMs bei 16-GB 2RX4-Speicherkapazität auf, während LRDIMMs bis zu 32-GB 4RX4-Speicherkapazität reichen.

Da Anwendungen von einer höheren Speicherkapazität profitieren, ermöglichen 8-Gb DRAMs die Erhöhung des RDIMM „Sweet Spot“ von 16-GB-Speichermodule auf 32 GB. Ein 16-GB RDIMM besteht aus 4-Gb DRAMs in einer 2RX4-Konfiguration. Es folgt, dass ein 32-GB RDIMM aus 8-Gb DRAMs aufgebaut werden kann – in der gleichen 2RX4-Konfiguration, da jedes DRAM zweimal so viel Speicher beisteuert. Ebenso lässt sich ein 32-GB LRDIMM aus 8-Gb DRAMs in einer 2RX4-Konfiguration aufbauen, anstatt teurere DDPs in einer 4RX4-Konfiguration zu verwenden. Da 8-Gb DRAMs die RDIMM-Speicherkapazität von 16 auf 32 GB verdoppeln und gleichzeitig teurere DDPs ersetzen, die zuvor für den Aufbau von 32-GB LRDIMMs verwendet wurden, stellt sich die Frage: Was ist die bessere Wahl für voll bestückte Systeme – 32-GB LRDIMMs oder 32-GB RDIMMs? Unsere Labormessungen haben ergeben, dass 32-GB 2RX4-LRDIMMs einen eindeutigen Vorteil gegenüber 32-GB 2RX4 RDIMMs bieten, da man von zusätzlichem Speicher bei höherer Bandbreite profitiert.

Vergleich zwischen 32-GB LRDIMMs und 32-GB RDIMMs

Ein typischer Enterprise-Class-Server kann bis zu 24 Speichermodule aufweisen (Bild 4). Ein Server mit 24 Speichermodulen, die je 32 GB Speicher aufweisen, wird 768 Gb Speicher (24 x 32 GB) bieten.

Bild 4

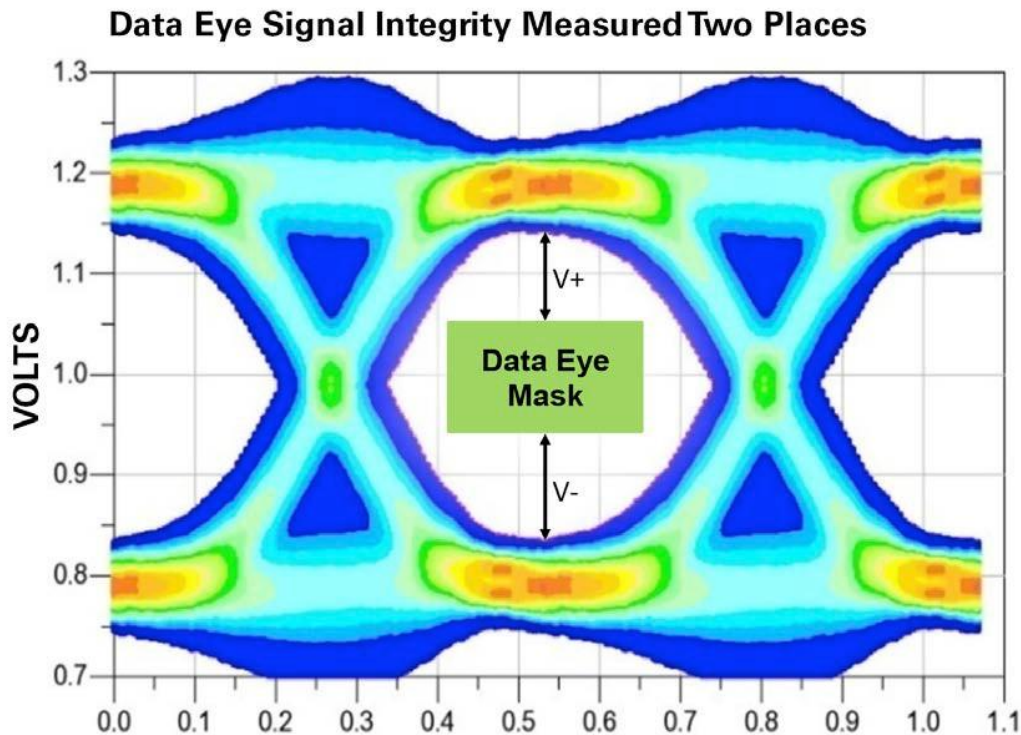


IDT wollte herausfinden, welches 32-GB-Speichermodul die beste Lösung für den gesamten Server-Speicher und die Datenbandbreite ist: LRDIMM oder RDIMM? Der Ablauf, mit dem IDT dies herausfand, verlief folgendermaßen:

- 1) Bestimmung der Modul-Signalintegrität auf dem MCH-Kanal für die vollständig besetzte 3-DPC-Systemkonfiguration
- 2) Wahl der höchstmöglichen Geschwindigkeit für LRDIMM und RDIMM bei akzeptabler Signalintegrität
- 3) Vergleich der Bandbreiten bei diesen Geschwindigkeiten, um festzustellen, ob LRDIMM oder RDIMM die höhere Speicherbandbreite bereitstellt.

Die Datensignalintegrität wurde an zwei Stellen gemessen: als V_+ und V_- (Bild 5). Positivere V_+ und negativere V_- Spannungsmessungen weisen auf eine bessere Signalintegrität hin. In jedem Fall ist dies ein Maß dafür, wie viel Spannungsmarge zwischen dem eigentlichen Daten-Augensignal und der Daten-Augenmaske zur Verfügung steht. Das Daten-Augensignal darf nicht in den Bereich der Daten-Augenmaske reichen. Dies gilt für sämtliche Kombinationen aus Datensignalmustern, DIMMs, Server-Motherboards und Mikroprozessoren. Reicht das Daten-Augensignal in diesen Bereich, kann der Datenwert „1“ als „0“ interpretiert werden und umgekehrt.

Bild 5



Die vier Messungen für die Empfangs- und Senderichtungen zeigen, dass die 3DPC-LRDIMM-Signalintegrität bei einem 2400MT/s-Betrieb eine bessere Signalintegrität aufweist als 3DPC RDIMMs bei 2400 und 2133 MT/s. Die gemessenen Signalintegritätsdaten sind in Bild 6 dargestellt, mit den 3DPC-RDIMM-Messungen in AMBER und den 3DPC-LRDIMM-Messungen in GRÜN. LRDIMM bei 2400 MT/s weist eine positivere V_+ und eine negativere V_- auf, was auf eine bessere Signalintegrität hinweist.



Bild 6

RDIMM		Empfangen (DRAM Reads)		Senden (DRAM Writes)	
		DPC	Geschw.	V- (mV)	V+ (mV)
1	2133	-173	164	-156	156
2	2133	-117	122	-125	125
3	2133	-66	70	-70	70
1	2400	-159	159	-133	133
2	2400	-103	103	-86	94
3	2400	-51	56	-47	47

LRDIMM		Empfangen (DRAM Reads)		Senden (DRAM Writes)	
		DPC	Geschw.	V- (mV)	V+ (mV)
1	2133	-173	168	-140	172
2	2133	-108	98	-156	156
3	2133	-84	94	-117	117
1	2400	-164	159	-140	148
2	2400	-122	117	-140	148
3	2400	-80	84	-101	109

LRDIMM-SI-Marge Verbesserung bei 3DPC

3DPC		Empfangen (DRAM Reads)		Senden (DRAM Writes)	
		DPC	Geschw.	V- (mV)	V+ (mV)
3	2133	19	23	47	47
3	2400	28	28	55	62

Da 3DPC RDIMMs bei 2400 MT/s wesentlich geringere Spannungsmargen aufweisen, nahm IDT an, dass diese RDIMM-Kombination aus Geschwindigkeit und Speicherdichte als mögliche Lösung für Serveranwendungen ignoriert würde. Während 3DPC RDIMMs bei 2133 MT/s ebenfalls niedrigere Spannungsmargen zeigten, wählte IDT diese 2133MT/s-Geschwindigkeitskonfiguration, ohne 2400MT/s-Option, um die Bandbreiten mit 32-GB LRDIMMs bei 2400 MT/s zu vergleichen.



IDT verwendete Membw², um Bandbreiten zu vergleichen. Membw ist eine Testsoftware für die Speicherbandbreite, die öffentlich zugänglich ist (Public Domain). Membw belastet die Speichermodule mit Reads und Writes über sämtliche Speicherkanäle. Die Server-Konfiguration bei diesem Benchmark-Test umfasst zwei Multicore-Prozessoren von Intel, von denen jeder 4 Speicherkanäle und 3 DPC für insgesamt 24 Speichermodule aufweist. Die Membw-Benchmark-Messungen zeigen, dass die 3DPC-LRDIMM-Bandbreite bei 2400 MT/s 8% höher ist als die 3DPC-RDIMM-Bandbreite bei 2133 MT/s.

Bild 7

3DPC, 2Rx4, 32GB-Module	RDIMM	LRDIMM	% Verbesserung mit LR
Geschwindigkeit (MT/s)	2133	2400	13%
Gemessene Bandbreite (GB/s)	125	135	8%

Fazit

Kommende Enterprise-Server-Anwendungen werden von der höheren Bandbreite und Speichermodulkapazität profitieren. IDT verglich die 32-GB 2RX4 LRDIMM und 32-GB 2RX4 RDIMM Performance in einer 3DPC-Konfiguration hinsichtlich der Signalintegrität und der Read/Write-Bandbreite. Ein voll bestückter Server mit 24 32GB-LRDIMMs, die mit 2400 MT/s arbeiten, zeigte eine bessere Signalintegrität als die gleiche Konfiguration mit 24 32GB-RDIMMs, die mit 2133 MT/s arbeiten. Das LRDIMM mit 2400 MT/s bietet also eine 8% höhere Bandbreite als RDIMMs mit 2133 MT/s.

DDR4 LRDIMMs erzielen also eine höhere Speicherbandbreite als RDIMMs – selbst bei Mainstream-Modul-Speicherdichten.

²<https://github.com/tomari/membw>



Glossar

16 GB	16 Gigabyte oder 16.000.000.000 Byte
2133 MT/s	2.133.000.000 „0/1“-Übergänge werden jede Sekunde über den Anschluss übertragen – auf jedem der 64 Datenbits
2400 MT/s	2.400.000.000 „0/1“-Übergänge werden jede Sekunde über den Anschluss übertragen – auf jedem der 64 Datenbits
2RX4	2RX4 steht für zwei Dinge: „2R“ steht für „Dual Rank“. „X4“ steht für DRAMs mit 4 DQ Daten-I/O-Bits
32 GB	32 Gigabyte oder 32.000.000.000 Byte
4 Gb	4 Gb oder 4.000.000.000 Bit
4RX4	4RX4 steht für zwei Dinge. „4R“ steht für „Quad Rank“. „X4“ steht für DRAMs mit 4 DQ Daten-I/O-Bits
8 Gb	8 Gb oder 8.000.000.000 Bit
DB	Bidirektionaler Datenpuffer. Führt 4:1-Lasten aus und isoliert DRAMs vom Motherboard. Registriert und steuert Daten zu/von den DRAMs
DDP	Dual Die Package. 2 DRAM-Chips in einen monolithischen Chip oder DRAM-Gehäuse
DPC	DIMM pro Kanal. In einem Speicherkanal können 1, 2, oder 3 Slots für DIMMs vorhanden
IMDB	In-Memory-Datenbank
IoT	Internet of Things (Internet der Dinge)
LRDIMM	Load Reduced Memory Module. Enthält einen RCD und 9 DB zur Pufferung von Adresse, Befehl und Daten.
MCH	Memory Channel (Speicherkanal), in den Host-Mikroprozessor integriert. Einige Mikroprozessoren bieten bis zu vier integrierte Speicherkanäle.
mV	Millivolt
RCD	Registered Clock Driver. Puffert und steuert den Befehl und die Adresse zu den DRAMs.
RDIMM	Registered Memory Module. Enthält einen RCD zur Pufferung von Adresse und Befehl.

HAFTUNGSAUSSCHLUSS Integrated Device Technologie, Inc. (IDT) und seine Tochtergesellschaften behalten sich das Recht vor, die hier beschriebenen Produkte und/oder Spezifikationen jederzeit nach eigenem Ermessen zu verändern. Alle Informationen in diesem Dokument, einschließlich Beschreibungen von Produktmerkmalen, können ohne vorherige Ankündigung geändert werden. Leistungsspezifikationen und die Betriebsparameter der beschriebenen Produkte werden im unabhängigen Zustand bestimmt. Es gibt keine Garantie, dass die Produkte im installierten Zustand in Kundenanwendungen genauso funktionieren. Die hierin enthaltenen Informationen werden ohne Zusicherung oder Gewährleistung bereitgestellt. Dieses Dokument wird nur als Richtlinie bereitgestellt und vergibt keine Lizenz über geistiges Eigentum von IDT oder Drittanbietern. IDTs Produkte sind nicht für den Einsatz in lebensrettenden Systemen oder ähnlichen Geräten vorgesehen, wenn ein Fehler oder eine Fehlfunktion eines IDT-Produktes die Gesundheit oder Sicherheit von Anwendern gefährdet. Jeder, der IDT-Produkt in dieser Weise verwendet, handelt auf eigene Gefahr.

IDT und das IDT-Logo sind eingetragene Warenzeichen oder Marken der Integrated Device Technologie, Inc., in den USA und in anderen Ländern. Alle anderen Marken sind im Besitz der jeweiligen Eigentümer. © 2016. Integrated Device Technologie, Inc. Alle Rechte vorbehalten.

©2016 Micron Technologie, Inc. Alle Rechte vorbehalten. Informationen, Produkte und/oder Spezifikationen können sich jederzeit ändern. Alle Informationen werden ohne Garantie bereitgestellt. Darstellungen können vom Original abweichen. Micron, das Micron-Logo und alle anderen Micron-Marken sind im Besitz von Micron Technologie, Inc. Alle anderen Marken sind im Besitz der jeweiligen Eigentümer.