

## คู่มือหน่วยความจำแฟลช

หน่วยความจำแฟลชสำหรับคอมพิวเตอร์ กล้องดิจิทัล โทรศัพท์มือถือและ  
อุปกรณ์อื่น ๆ

Kingston® คือผู้ผลิตหน่วยความจำอิสระชั้นนำของโลก โดยมีผลิตภัณฑ์แฟลชการ์ด แฟลชไดรฟ์ USB และไดรฟ์ Solid State (SSD) (เรียกรวมเป็นอุปกรณ์บันทึกข้อมูลแฟลช) มากมายจำหน่ายซึ่งใช้ชิปหน่วยความจำแฟลชในการจัดเก็บข้อมูล คู่มือชุดนี้มีเป้าหมายเพื่ออธิบายเกี่ยวกับเทคโนโลยีต่าง ๆ และขอเสนอผลิตภัณฑ์หน่วยความจำแฟลชที่มีจัดจำหน่าย

หมายเหตุ: เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงด้านเทคโนโลยี รายละเอียดทางเทคนิคที่แจ้งในเอกสารชุดนี้อาจมีการเปลี่ยนแปลงโดยไม่ต้องแจ้งให้ทราบ

## 1.0 หน่วยความจำแฟลช: เตรียมพร้อมสู่ยุคอนาคตกับอุปกรณ์จัดเก็บข้อมูลแฟลช

Toshiba เป็นผู้คิดค้นหน่วยความจำแฟลชในช่วงทศวรรษที่ 1980 โดยถือเป็นเทคโนโลยีหน่วยความจำใหม่ที่สามารถบันทึกข้อมูลสำหรับจัดเก็บไว้ได้แม้ว่าอุปกรณ์จัดเก็บข้อมูลจะไม่มีไฟเลี้ยงก็ตาม นับตั้งแต่นั้นเป็นต้นมา เทคโนโลยีหน่วยความจำแฟลชก็ได้พัฒนาขึ้นมาเป็นสื่อบันทึกข้อมูลแบบต่าง ๆ สำหรับผู้ใช้ทั่วไปและสำหรับกรการใช้งานในระดับอุตสาหกรรม

สำหรับอุปกรณ์ใช้งานทั่วไป หน่วยความจำแฟลชถูกใช้อย่างแพร่หลายกับ:

- คอมพิวเตอร์โน้ตบุ๊ก
- แท็บเล็ต
- ระบบระบุตำแหน่งด้วยดาวเทียม (GPS)
- เครื่องเล่นเพลง Solid State เช่น เครื่องเล่น MP3
- เครื่องเล่นเกมพกพาและเครื่องเล่นเกมสำหรับเล่นในบ้าน
- คอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล
- กล้องดิจิทัล
- โทรศัพท์มือถือ
- เครื่องเล่นเพลงอิเล็กทรอนิกส์
- โทรทัศน์

นอกจากนี้หน่วยความจำแฟลชยังถูกใช้ในอุตสาหกรรมต่าง ๆ ที่ต้องการเสถียรภาพในการทำงานและคุณสมบัติในการเก็บรักษาข้อมูลขณะไม่มีกระแสไฟ เช่นใน:

- ระบบความปลอดภัย/กล้อง IP
- คอมพิวเตอร์ที่มีฟังก์ชันสำเร็จรูป
- ระบบเครือข่ายและการสื่อสาร
- ระบบการจัดการส่วนควบปีก (เช่น เครื่องสแกนแบบพกพา)
- ระบบใช้งานด้านความมั่นคง
- กล้องรับสัญญาณ
- อุปกรณ์สื่อสารไร้สาย
- อุปกรณ์ PoS

หมายเหตุ: หน่วยความจำแฟลชส่วนใหญ่ของ Kingston ออกแบบและทดสอบมาแล้วว่าสามารถทำงานกับอุปกรณ์ใช้งานทั่วไปได้ สำหรับการใช้งานทางอุตสาหกรรมหรือการใช้งานเฉพาะด้านที่เกินกว่ามาตรฐานการใช้งานทั่วไป แนะนำให้ติดต่อกับ Kingston โดยตรง อาจต้องมีการกำหนดโครงสร้างเป็นพิเศษโดยเฉพาะสำหรับการใช้งานที่ส่งผลกระทบต่อความทนทานของเซลล์แฟลช (ดูในข้อ 3.0)

## 2.0 ความจุของ SSD, แฟลชการ์ดและแฟลชไดรฟ์ USB

ความจุที่แจ้งบางส่วนสำหรับไดรฟ์แฟลชใช้อ้างอิงสำหรับการฟอร์แมตหรือฟังก์ชันอื่น ๆ ไม่ใช่ความจุสำหรับใช้จัดเก็บข้อมูลที่แท้จริง

ขณะออกแบบและผลิตสื่อบันทึกข้อมูลแฟลช บริษัทมีขั้นตอนมากมายเพื่อตรวจสอบให้แน่ใจว่าอุปกรณ์จะทำงานเชื่อถือได้ และรองรับอุปกรณ์ไฮสปีด (คอมพิวเตอร์ กล้องดิจิทัล แท็บเล็ต โทรศัพท์มือถือ ฯลฯ) ในการเรียกค้นเซลล์หน่วยความจำ เช่น เพื่อจัดเก็บและเรียกค้นข้อมูลในสื่อบันทึกข้อมูลแฟลช การฟอร์แมตครอบคลุมกระบวนการต่อไปนี้

1. การทดสอบเซลล์หน่วยความจำแต่ละส่วนในสื่อบันทึกข้อมูลแฟลช
2. การระบุหาเซลล์ทั้งหมดที่มีปัญหา และดำเนินการเพื่อให้แน่ใจว่าจะไม่มีการเขียนข้อมูลหรืออ่านข้อมูลไปยังเซลล์ที่มีปัญหา
3. การสงวนเซลล์บางส่วนเป็น “พื้นที่สำรอง” เซลล์หน่วยความจำแฟลชมีอายุการใช้งานยาวนานแต่ไม่ถาวร ด้วยเหตุนี้เซลล์บางส่วนจะถูกสงวน

ไว้เพื่อแทนที่เซลล์หน่วยความจำที่อาจเสียหายไปตามเวลา

4. การจัดทำ File Allocation Table (FAT) หรือไดเรคทอรีอื่น ๆ เปิดใช้สื่อบันทึกข้อมูลแฟลชเพื่อจัดเก็บและเรียกค้นไฟล์ของลูกค้าย่างสะดวกได้โดยจัดทำระบบการจัดการไฟล์เพื่อให้อุปกรณ์หรือคอมพิวเตอร์สามารถตรวจหาไฟล์ที่จัดเก็บไว้ในสื่อบันทึกข้อมูลแฟลช ระบบจัดการไฟล์ที่เป็นที่นิยมที่สุดสำหรับสื่อบันทึกข้อมูลแฟลชคือ File Allocation Table (FAT) ซึ่งใช้กับฮาร์ดไดรฟ์ด้วยเช่นกัน
5. การสำรวจเซลล์บางส่วนสำหรับใช้โดยส่วนควบคุมของสื่อบันทึกข้อมูลแฟลช เช่น เพื่อจัดเก็บอัปเดตเฟิร์มแวร์และข้อมูลเฉพาะอื่น ๆ ของส่วนควบคุม
6. การส่งวนเซลล์บางส่วนสำหรับคุณสมบัติพิเศษ แล้วแต่กรณี เช่น การ์ด Secure Digital (SD) ต้องมีพื้นที่ส่งวนเพื่อรองรับการป้องกันการเขียนและระบบความปลอดภัยบางอย่าง

### 3.0 คุณสมบัติของผลิตภัณฑ์จัดเก็บข้อมูลแฟลชจาก Kingston

อุปกรณ์จัดเก็บข้อมูลแฟลชจาก Kingston มีข้อดีอยู่มากมาย

- การรับประกันอุปกรณ์จัดเก็บข้อมูลแฟลช: Kingston รับประกันว่าอุปกรณ์จัดเก็บข้อมูลแฟลชของบริษัทปราศจากข้อบกพร่องของตัววัสดุ และคุณภาพการผลิตภายในระยะเวลาที่ระบุต่อไปนี้

รับประกันผลิตภัณฑ์ตลอดอายุการใช้งาน: ผลิตภัณฑ์ต่อไปนี้ของ Kingston ได้รับการรับประกันตลอดอายุการใช้งาน: หน่วยความจำได้แก่ ValueRAM®, HyperX®, Retail Memory และหน่วยความจำเฉพาะจาก Kingston หรือแฟลชการ์ด (เช่น Secure Digital, Secure Digital HC และ XC, CompactFlash, MultiMediaCard, SmartMedia) รวมทั้งหัวต่อแฟลชการ์ด

รับประกันห้าปี: ผลิตภัณฑ์ของ Kingston ต่อไปนี้ได้รับความคุ้มครองตามแผนการรับประกันต่อไปนี้เป็นเวลาห้าปีนับจากวันที่ซื้อโดยผู้ใช้ปลายทางรายแรก: ไดรฟ์ USB DataTraveler® และ SSDNow KC100 (ไดรฟ์ Solid State)

รับประกันสามปี: ผลิตภัณฑ์ของ Kingston ต่อไปนี้ได้รับความคุ้มครองตามแผนการรับประกันต่อไปนี้เป็นเวลาสามปีนับจากวันที่ซื้อโดยผู้ใช้ปลายทางรายแรก: SSDNow (ไดรฟ์ Solid State) ยกเว้นสำหรับ SSDNow KC100, SSDNow S200/30GB และ SSDNow SMS200/30GB

รับประกันสองปี: ผลิตภัณฑ์ของ Kingston ต่อไปนี้ได้รับความคุ้มครองตามแผนการรับประกันต่อไปนี้เป็นเวลาสองปีนับจากวันที่ซื้อโดยผู้ใช้ปลายทางรายแรก: SSDNow S200/30GB, SSDNow SMS200/30GB, DataTraveler Workspace, MobileLite Wireless – Gen 2, MobileLite Reader, microSD Reader, ชุดหูฟัง HyperX Cloud (รวมทั้งสินค้าโปรโมชันอื่น ๆ ที่จัดไว้รวมกัน), แผ่นรองเมาส์ HyperX Skyn และผลิตภัณฑ์ภายใต้โครงการ Kingston Customization โครงการ Kingston Customization จำกัดเงื่อนไขการตัดเครดิตหรือคืนเงินในช่วงระยะเวลาประกันสองปี ในบางกรณี Kingston อาจเปลี่ยนแทนผลิตภัณฑ์ที่มีปัญหาซึ่งส่งผ่าน Kingston Customization Program เป็นผลิตภัณฑ์เทียบเท่าที่สามารถใช้งานได้

รับประกันหนึ่งปี: ผลิตภัณฑ์ของ Kingston ต่อไปนี้ได้รับความคุ้มครองตามแผนการรับประกันต่อไปนี้เป็นเวลาหนึ่งปีนับจากวันที่ซื้อโดยผู้ใช้ปลายทางรายแรก: MobileLite Wireless – Gen.1, MobileLite Reader, DataTraveler Accessory Kit, Wi-Drive®, TravelLite SD/MMC Reader และ HyperX Fan

ดูรายละเอียดเพิ่มเติมได้ที่ [kingston.com/company/warranty.asp](http://kingston.com/company/warranty.asp)

- ไดรฟ์ Solid State: อุปกรณ์จัดเก็บข้อมูลแฟลชเป็นอุปกรณ์แบบกึ่งตัวนำที่ไม่มีชิ้นส่วนเคลื่อนที่ จึงไม่มีปัญหาจากชิ้นส่วนต่าง ๆ ที่มักเกิดขึ้นกับฮาร์ดไดรฟ์ เสถียรภาพของข้อมูลโดยรวมช่วยให้ผลิตภัณฑ์กลุ่มนี้ได้รับการยอมรับและถูกเลือกใช้เป็นหน่วยความจำพกพาที่มีความสะดวก ทำงานเงียบโดยไม่มีเสียงรบกวนแต่อย่างใด
- ขนาดเล็ก (ฟอร์มแฟคเตอร์): อุปกรณ์จัดเก็บข้อมูลแฟลชออกแบบมาให้พกพาได้ง่าย ความสะดวกคือข้อพิจารณาที่สำคัญ โดยเฉพาะอย่างยิ่งสำหรับผู้ทั่วไปและผู้ใช้กลุ่มองค์กร
- เสถียรภาพของข้อมูลสูง: หน่วยความจำแฟลชมีเสถียรภาพสูงมากและอุปกรณ์จัดเก็บข้อมูลแฟลชหลายตัวยังมี Error Correction Code (ECC) ที่คอยตรวจสอบข้อผิดพลาดและฟังก์ชันกระจายส่วนประกอบที่สึกหรอระดับสูง

เช่น ไดรฟ์ SSD จาก Kingston จะมีพิกัดข้อผิดพลาดกำหนดไว้ที่ต่ำกว่าหนึ่ง (1) บิตต่อ 1,000,000,000,000,000 บิตของข้อมูลที่อ่าน (1 บิตต่อ  $10^{15}$  บิตที่อ่าน)

- ระบบเก็บรักษาข้อมูลแฟลชจาก Kingston: อุปกรณ์จัดเก็บข้อมูลแฟลชจาก Kingston ส่วนใหญ่ใช้หน่วยความจำแฟลช MLC/TLC การเก็บรักษาข้อมูลที่หน่วยความจำแฟลชเป็นแบบไดนามิกเนื่องจากจำนวนรอบการทำงานของหน่วยความจำจะส่งผลต่อความสามารถในการเก็บรักษาข้อมูล ข้อมูลที่สำคัญจึงต้องมีการสำรองไว้ผ่านสื่อบันทึกข้อมูลอื่นเพื่อความปลอดภัยในระยะยาว
- เทคโนโลยีกระจายการสึกหรอของส่วนประกอบ: อุปกรณ์จัดเก็บข้อมูลแฟลชจาก Kingston เลือกใช้ระบบควบคุมที่มาพร้อมเทคโนโลยีการกระจายการสึกหรอของส่วนประกอบ โดยจะกระจายรอบ P/E (เขียนโปรแกรม/ลบ) กับหน่วยความจำแฟลชอย่างทั่วถึงกัน ระบบกระจายการสึกหรอช่วยยืดอายุการใช้งานของการ์ดหน่วยความจำแฟลช (ดูรายละเอียดได้จากหัวข้อ ความทนทานของแฟลชเซลล์จาก Kingston ต่อจากนี้)
- ความทนทานของแฟลชเซลล์: เซลล์หน่วยความจำแฟลชแบบไม่เลื่อนหายมีรอบการเขียนโปรแกรม/ลบข้อมูล (P/E) ที่จำกัด ทุกครั้งที่มีการเขียนข้อมูลหรือลบข้อมูลจากอุปกรณ์จัดเก็บข้อมูลแฟลช จำนวนรอบการเขียนโปรแกรม/ลบข้อมูลจะลดลงจนไม่สามารถใช้หน่วยความจำแฟลชดังกล่าวได้อีกต่อไป

สำหรับแฟลชแบบ Multi-Level Cell (MLC) การเขียนสามารถทำได้ 3000 รอบต่อเซลล์ภายใต้กระบวนการลิโธกราฟีในปัจจุบัน (19nm และ 20nm) ขณะที่มีการเผยแพร่ข้อมูลชุดนี้ สำหรับแฟลช Single-Level Cell (SLC) รอบการเขียนจะไม่เกิน 30,000 รอบต่อเซลล์ สำหรับแฟลช Triple-Level Cell (TLC) รอบการเขียนจะไม่เกิน 500 รอบต่อเซลล์ กระบวนการลิโธกราฟีที่ใช้ผลิตส่วนประกอบหน่วยความจำแฟลชมีบทบาทอย่างยิ่งต่อความทนทานของแฟลช และช่วยยืดขนาดของอายุไปด้วยพร้อม ๆ กัน

- เทคโนโลยีหน่วยความจำแฟลช: สำหรับแฟลช Multi-Level Cell (MLC) จะมีระดับโครงสร้างหลายชั้นต่อเซลล์เพื่อให้สามารถจัดเก็บบิตได้มากกว่าโดยใช้ทรานซิสเตอร์จำนวนเท่า ๆ กัน เทคโนโลยีแฟลช MLC NAND มีการทำงานแบ่งออกเป็นสี่สถานะต่อเซลล์ สำหรับ Single-Level Cell (SLC) แต่ละเซลล์จะสามารถจัดเก็บได้สองสถานะ สำหรับ Triple-Level Cell (TLC) บิตสามารถจัดเก็บได้แปดสถานะ กระบวนการลิโธกราฟีที่ใช้ผลิตส่วนประกอบหน่วยความจำแฟลชมีบทบาทอย่างยิ่งต่อความทนทานของแฟลช และช่วยยืดขนาดของอายุไปด้วยพร้อม ๆ กัน
- ตัวคูณการเขียนข้อมูล: ตัวแปรที่กำลังในการเขียนข้อมูลหรือ “WAF” จะถูกจัดจำไว้ในอุปกรณ์จัดเก็บข้อมูลแฟลชทั้งหมด ตัวคูณการเขียนข้อมูลเป็นสัดส่วนระหว่างจำนวนข้อมูลที่เขียนจากโฮสต์และจำนวนข้อมูลที่เขียนจริงไปยังชิปหน่วยความจำแฟลช อุปกรณ์แฟลชทั้งหมดจะเขียนข้อมูลเต็มทั้งบล็อก ซึ่งหมายถึงหากต้องการเขียนข้อมูลไปยังบล็อกที่มีข้อมูลบางส่วนอยู่แล้ว ระบบควบคุมแฟลชจะต้องย้ายข้อมูลที่มิอยู่ในบล็อกดังกล่าว (โดยปกติเป็นหน่วยความจำ) และนำไปผนวกกับข้อมูลใหม่และเขียนบล็อกข้อมูลทั้งหมดไปยังหน่วยความจำแฟลช เช่น ไฟล์ขนาด 2MB สามารถเขียนจากโฮสต์ไปยังอุปกรณ์แฟลชได้ แต่อาจมีการเขียนข้อมูลทั้งหมด 4MB ไปยังหน่วยความจำแฟลชเพื่อสิ้นสุดกระบวนการเขียนดังกล่าว ในกรณีนี้ตัวคูณการเขียนข้อมูลจะอยู่ที่ 2 ในบางกรณี WAF อาจสูงถึง 20 หรือ 30
- การปรับฝั่งเซ็คเตอร์ที่ไม่สมบูรณ์อัตโนมัติ: ระบบควบคุมแฟลชจาก Kingston จะบล็อกแยกส่วนที่มีเซลล์หน่วยความจำที่ไม่สมบูรณ์ (“บล็อกที่ไม่สมบูรณ์”) และย้ายข้อมูลไปยังส่วนอื่น (“บล็อกสำรอง”) เพื่อป้องกันข้อมูลเสียหาย ระหว่างการฟอร์แมตจากโรงงาน (ตามที่ระบุในข้อ 2) บล็อกสำรองจะถูกแยกไว้ที่อุปกรณ์จัดเก็บข้อมูลแฟลชสำหรับการปรับฝั่งเซ็คเตอร์ที่ไม่สมบูรณ์เมื่อใช้งานไปเรื่อย ๆ เพื่อเพิ่มอายุการใช้งานและเสถียรภาพในการทำงานของอุปกรณ์จัดเก็บข้อมูลแฟลช
- หัวต่อคุณภาพสูง: อุปกรณ์จัดเก็บข้อมูลแฟลชจาก Kingston ใช้หัวต่อคุณภาพสูงเพื่อให้แน่ใจว่าอุปกรณ์หน่วยความจำแฟลชจะมีอายุการใช้งานยาวนานและมีเสถียรภาพ
- อุณหภูมิและความชื้นในการทำงาน:  
 SSD: 0 – 70°C, ความชื้น: 85% RH  
 แฟลชไดรฟ์ USB: 0 – 60°C, ความชื้น: 85% RH  
 SD และ Micro SD: -25°C – 85°C, ความชื้น: 95% RH  
 การ์ด CF: 0 – 60°C, ความชื้น: 95% RH  
 การ์ดรีดเดอร์: 0 – 60°C, ความชื้น 85 %RH

ดูรายละเอียดทางเทคนิคด้านสิ่งแวดล้อมของผลิตภัณฑ์ได้จากหน้าข้อมูลผลิตภัณฑ์และเอกสารข้อมูลจาก Kingston

1 ข่าวประชาสัมพันธ์จาก Toshiba "Toshiba America Electronic Components, Inc. Releases Performance Research on MLC NAND Flash Memory for Consumer Applications," 10 พ.ค. 2004

- ความจุสูง: อุปกรณ์จัดเก็บข้อมูลแฟลชมีพื้นที่จัดเก็บข้อมูลขนาดใหญ่แต่มีขนาดเล็กกะทัดรัด ความยืดหยุ่นในการใช้งานนี้ทำให้กลายเป็นตัวเลือกสำหรับกลุ่มผู้ใช้ทั่วไป เช่น ในการถ่ายภาพยนตร์ดิจิทัลหรือบันทึกไฟล์เพลง MP3 ซึ่งความสะดวกในการพกพาเป็นเงื่อนไขที่สำคัญ

หมายเหตุ: ความจุที่แจ้งบางส่วนใช้อ้างอิงสำหรับการฟอร์แมตหรือฟังก์ชันอื่น ๆ ไม่ใช่ความจุสำหรับใช้จัดเก็บข้อมูลที่แท้จริง ดูรายละเอียดจากข้อ 2

- ประสิทธิภาพสูง: แฟลชการ์ด Ultra High Speed (UHS) และแฟลชไดรฟ์ Hi-Speed/SuperSpeed DataTraveler USB จาก Kingston ทำงานได้รวดเร็วกว่าหน่วยความจำแฟลชมาตรฐานและผลิตภัณฑ์หลายตัวของคู่แข่ง วิศวกรของ Kingston ได้ทำการทดสอบและคัดสรรระบบควบคุมที่มีประสิทธิภาพสูงเพื่อให้แน่ใจว่าแฟลชการ์ดของ Kingston จะมีผลงานที่โดดเด่นที่สุด ดูข้อมูลเกี่ยวกับประสิทธิภาพในการทำงานของ USB, Hi-Speed และ Super Speed USB ได้จากภาคผนวก ผลิตภัณฑ์แฟลชมาตรฐานจาก Kingston มีประสิทธิภาพในระดับที่เชื่อมั่นได้สำหรับการใช้งานทั่วไป
- อัตราสิ้นเปลืองพลังงานต่ำ: หน่วยความจำแฟลชเป็นหน่วยความจำแบบไม่เสียนหายแตกต่างจาก DRAM มาตรฐานที่จะต้องได้รับไฟเลี้ยงต่อเนื่องเพื่อรักษาข้อมูลไว้ ทำให้หมดปัญหาเรื่องการใช้ไฟเพื่อเก็บรักษาข้อมูล อัตราสิ้นเปลืองพลังงานที่ต่ำของหน่วยความจำแฟลชทำให้เวลาใช้งานแบตเตอรี่ของอุปกรณ์ไฮสปีดยาวนานขึ้น
- รองรับ Plug-and-Play: หน่วยความจำแฟลชจาก Kingston รองรับการเชื่อมต่อแบบ PnP เทคโนโลยี PnP และระบบปฏิบัติการของคอมพิวเตอร์ที่รองรับทำให้สามารถเสียบต่ออุปกรณ์จัดเก็บข้อมูลแฟลชกับคอมพิวเตอร์หรือแฟลชมีเดียรีดเดอร์โดยระบบคอมพิวเตอร์สามารถตรวจหาและใช้งานได้อย่างรวดเร็ว
- รองรับระบบ Hot-Swapping: Hot-swapping รองรับการเสียบและถอดอุปกรณ์จัดเก็บข้อมูลแฟลชกับคอมพิวเตอร์หรือรีดเดอร์ที่รองรับโดยไม่ต้องปิดเครื่องหรือรีสตาร์ทคอมพิวเตอร์ คุณสมบัตินี้ช่วยเพิ่มความสะดวกในการเคลื่อนย้ายและในการโอนข้อมูลภาพและไฟล์เพลงระหว่างคอมพิวเตอร์หรืออุปกรณ์สองตัวผ่านอุปกรณ์จัดเก็บข้อมูลแฟลช

#### 4.0 NOR แบบไม่เสียนหายและเทคโนโลยีแฟลช NAND

หน่วยความจำแฟลชเป็นหน่วยความจำแบบไม่เสียนหายซึ่งแตกต่างจาก Dynamic Random Access Memory (DRAM) หน่วยความจำแบบไม่เสียนหายสามารถเก็บรักษาข้อมูลไว้ได้แม้จะไม่มีไฟเลี้ยง เช่น เมื่อปิดคอมพิวเตอร์ ข้อมูลทั้งหมดที่อยู่ในหน่วยความจำ DRAM ของคอมพิวเตอร์จะสูญหายไป แต่เมื่อนำอุปกรณ์จัดเก็บข้อมูลแฟลชออกจากกล่องดิจิทัล ข้อมูล (และไฟล์ภาพ) ทั้งหมดจะถูกบันทึกไว้ที่อุปกรณ์จัดเก็บข้อมูลแฟลช ความสามารถในการเก็บรักษาข้อมูลคือหัวใจสำคัญของหน่วยความจำแฟลช ทำให้ถูกนำไปใช้ในงานต่าง ๆ เช่น การถ่ายภาพยนตร์ดิจิทัลกับกล่องดิจิทัล โทรศัพท์มือถือ แท็บเล็ตหรืออุปกรณ์พกพาอื่น ๆ

หน่วยความจำแฟลชเลือกใช้เทคโนโลยีที่เด่น ๆ สองประเภทได้แก่ NOR และ NAND เทคโนโลยีแต่ละแบบจะมีข้อดีข้อเสียของตนเอง

เหมาะสำหรับการใช้งานที่แตกต่างกันตามข้อมูลสรุปในตารางต่อไปนี้

	แฟลช NOR	แฟลช NAND
เรียกค้นได้รวดเร็ว	ใช่	ใช่
สืบค้นข้อมูลเพจใหม่	ไม่	ใช่
สืบค้นข้อมูลระดับไบต์แบบสุ่ม	ใช่	ไม่

	แฟลช NOR	แฟลช NAND
การใช้งานทั่วไป	หน่วยความจำอุปกรณ์เครือข่าย	ระบบจัดเก็บข้อมูลทางอุตสาหกรรม

#### 4.1 หน่วยความจำแฟลช NOR

NOR ย่อมาจากวิธีการทำผังข้อมูลเฉพาะ (Not OR) โดยถือเป็นเทคโนโลยีแฟลชความเร็วสูง หน่วยความจำแฟลชรองรับการสืบค้นข้อมูลแบบสุ่มที่ความเร็วสูงสามารถอ่านและเขียนข้อมูลไปยังตำแหน่งเฉพาะในหน่วยความจำได้โดยไม่ต้องสืบค้นหน่วยความจำแบบเรียงตามลำดับ แฟลช NOR แตกต่างจากแฟลช NAND ตรงที่สามารถเรียกค้นข้อมูลเล็กขนาดไบต์เดียวได้ แฟลช NOR ใช้ได้ดีในการใช้งานที่ต้องมีการสืบค้นหรือเขียนข้อมูลแบบสุ่ม NOR มักติดตั้งสำเร็จในโทรศัพท์มือถือ (เพื่อจัดเก็บระบบปฏิบัติการของโทรศัพท์) และ PDA นอกจากนี้ยังใช้กับคอมพิวเตอร์เพื่อจัดเก็บโปรแกรม BIOS สำหรับรองรับฟังก์ชันการทำงานก่อนเครื่องเข้าสู่ระบบปฏิบัติการ

#### 4.2 หน่วยความจำแฟลช NAND

แฟลช NAND คิดค้นขึ้นหลังจากแฟลช NOR โดยได้ชื่อมาจากเทคโนโลยีจัดทำผังโครงสร้างเฉพาะสำหรับข้อมูล (Not AND) หน่วยความจำแฟลช NAND อ่านและเขียนข้อมูลที่มีความเร็วสูงในโหมดเรียงตามลำดับ โดยจัดการข้อมูลเป็นขนาดบิตเล็ก ๆ (“เพจ”) แฟลช NAND สามารถสืบค้นหรือเขียนข้อมูลเป็นเพจเดียวกัน แต่ไม่สามารถสืบค้นไบต์แยกเฉพาะได้เหมือนแฟลช NOR

หน่วยความจำแฟลช NAND มักพบในฮาร์ดไดรฟ์ SSD อุปกรณ์แฟลชมีเดียสำหรับภาพและเสียง กล้องรับสัญญาณโทรทัศน์ กล้องดิจิทัล โทรศัพท์มือถือ (สำหรับเก็บข้อมูล) และอุปกรณ์อื่น ๆ ที่มักเขียนหรืออ่านข้อมูลแบบเรียงตามลำดับ

เช่น กล้องดิจิทัลส่วนใหญ่จะใช้เก็บไฟล์ภาพยนตร์ดิจิทัลแบบแฟลช NAND เนื่องจากมักมีการถ่ายและจัดเก็บภาพเรียงตามลำดับ แฟลช NAND ยังมีประสิทธิภาพมากกว่าในกรณีที่มีการอ่านข้อมูลภาพถ่าย เนื่องจากสามารถโอนข้อมูลเพจทั้งหมดได้อย่างรวดเร็ว แฟลช NAND จึงเป็นระบบจัดเก็บข้อมูลแบบเรียงตามลำดับที่เหมาะสมอย่างยิ่งสำหรับงานด้านการจัดเก็บข้อมูล

หน่วยความจำแฟลช NAND ยังมีราคาถูกกว่าหน่วยความจำแฟลช NOR และมีความจุมากกว่าที่ขนาดด้ายเท่า ๆ กัน

หน่วยความจำแฟลชที่จัดเก็บข้อมูลบิตเดียวต่อเซลล์ (เช่น ค่า “0” หรือ “1” ต่อเซลล์) เรียกว่าแฟลชแบบ Single-Level Cell (SLC)

### 5.0 การวางซ้อนตายและเทคโนโลยีแฟลช Multi-Level Cell/Multi-Bit Cell

เพื่อเพิ่มพื้นที่จัดเก็บบิตข้อมูลโดยไม่สร้างภาระค่าใช้จ่ายที่ชิปหน่วยความจำแฟลชสามารถรองรับได้ ผู้ผลิตจึงเลือกใช้เทคนิคการเรียงซ้อนตายและเทคโนโลยี Multi-Level Cell กับ Multi-Bit Cell เทคโนโลยีเหล่านี้ทำให้ชิปหน่วยความจำแฟลชสามารถจัดเก็บข้อมูลต่อชิปหนึ่งตัวได้มากกว่า

#### 5.1 การวางซ้อนตาย

ผู้ผลิตวัสดุกึ่งตัวนำหลายรายเลือกใช้เทคนิค “การวางซ้อนตาย” เพื่อเพิ่มความจุของชิปหน่วยความจำแฟลช หลังจากมีกระบวนการผลิตเวเฟอร์วัสดุกึ่งตัวนำขึ้น ผู้ผลิตจึงสามารถตัดแบบ “ตาย” ซิลิคอนหน่วยความจำแฟลช และติดตั้งหรือเรียงซ้อนไว้ด้วยกัน

เช่น หากผู้ผลิตวัสดุกึ่งตัวนำเรียงซ้อนตาย 32 กิกะบิตสองตัวเข้าด้วยกันก็จะได้ชิปหน่วยความจำแฟลชขนาด 64 กิกะบิต

การเรียงซ้อนตายเป็นอีกทางเลือกที่ช่วยลดต้นทุนเพื่อให้ได้ชิปที่มีความจุเพิ่มขึ้นมากกว่าชิปแบบตายตัวเดียว (ชิป “โมโนลิธิค”) การเรียงซ้อนชิป 32 กิกะบิตสองตัวเข้าด้วยกันมีค่าใช้จ่ายน้อยกว่าการจัดซื้อชิปโมโนลิธิค 64 กิกะบิตมาก ชิป 64 กิกะบิตจึงสามารถใช้เพื่อผลิตเป็นแฟลชการ์ดขนาด 8GB (การ์ดแบบชิปตัวเดียว) หรือแฟลชการ์ดขนาด 16GB (ชิปสองตัวต่อการ์ด)

เทคนิคการเรียงซ้อนตายจะคล้าย ๆ กับเทคโนโลยีการเรียงซ้อน DRAM ที่ Kingston ใช้เพื่อผลิตหน่วยความจำระดับสูงสำหรับเซิร์ฟเวอร์ แฟลชการ์ดแบบเรียงซ้อนตายของ Kingston จึงทำงานได้มีเสถียรภาพและมีประสิทธิภาพสูง

#### 5.2 เทคโนโลยีแฟลช Multi-Level Cell (MLC)/ Triple-Level Cell (TLC)

ชิปหน่วยความจำ NAND หรือ NOR จะจัดเก็บค่าหนึ่ง (1) บิต (“0” หรือ “1”) ในเซลล์แต่ละเซลล์ สำหรับเทคโนโลยีแฟลชแบบ Multi-Level ค่า

สอง (2) ค่าจะถูกจัดเก็บไว้ในแต่ละเซลล์ สำหรับเทคโนโลยีแฟลชแบบ Triple-Level ค่าสาม (3) ค่าจะถูกจัดเก็บไว้ในแต่ละเซลล์

Kingston เลือกใช้หน่วยความจำแฟลชทั้งแบบ MLC/TLC เพื่อผลิตแฟลชการ์ดมาตรฐาน SSD และแฟลชไดรฟ์ DataTraveler USB ของบริษัท

## 6.0 ประสิทธิภาพของอุปกรณ์จัดเก็บข้อมูลแฟลช

ประสิทธิภาพของอุปกรณ์จัดเก็บข้อมูลแฟลชจะขึ้นอยู่กับปัจจัยสามข้อต่อไปนี้

- ชิปหน่วยความจำแฟลชที่ใช้: ชิปแฟลชความเร็วสูงแบบ Single-Level Cell (SLC) ที่มีราคาแพงมีข้อดีข้อเสียของตนเองแตกต่างไปจากชิปแฟลช Multi-Level Cell (MLC)/Triple-Level Cell (TLC) ซึ่งมีราคาประหยัดกว่า
- ระบบควบคุมของอุปกรณ์จัดเก็บข้อมูลแฟลช: อุปกรณ์จัดเก็บข้อมูลแฟลชในปัจจุบันมีระบบควบคุมหน่วยความจำแฟลชในตัว ชิปแบบพิเศษนี้ทำหน้าที่จัดการอินเทอร์เฟซการเชื่อมต่อกับอุปกรณ์โฮสต์ และคอยดูแลการอ่านและเขียนข้อมูลจากชิปแฟลชที่อุปกรณ์จัดเก็บข้อมูลแฟลช หากระบบควบคุมโฮสต์สามารถรองรับความเร็วในการถ่ายโอนข้อมูลที่สูงกว่า การใช้ระบบควบคุมแฟลชที่เหมาะสมจะช่วยลดเวลาในการอ่านหรือเขียนข้อมูลไปยังหน่วยความจำแฟลชลงได้อย่างมาก
- อุปกรณ์โฮสต์ที่เชื่อมต่อกับอุปกรณ์จัดเก็บข้อมูลแฟลช: หากอุปกรณ์โฮสต์ (คอมพิวเตอร์ กล้องดิจิทัล โทรศัพท์มือถือ ฯลฯ) มีจำกัดความเร็วในการอ่านและเขียนข้อมูล การใช้อุปกรณ์จัดเก็บข้อมูลแฟลชจะไม่ทำให้ประสิทธิภาพในการทำงานดีขึ้นแต่อย่างใด เช่น การใช้แฟลชไดรฟ์ USB 3.0 กับคอมพิวเตอร์ที่รองรับมาตรฐาน USB 2.0 จะไม่ทำให้ความเร็วในการโอนข้อมูลเพิ่มขึ้น นอกจากนี้คอมพิวเตอร์จะต้องกำหนดค่าไว้อย่างเหมาะสมเพื่อรองรับการถ่ายโอนข้อมูลที่เร็วขึ้นทั้งในส่วนของฮาร์ดแวร์และซอฟต์แวร์ ในกรณีของเครื่อง PC เมนบอร์ดจะต้องมีหัวต่อ SuperSpeed USB 3.0 ในตัว รวมทั้งระบบปฏิบัติการ (เช่น Windows) จะต้องมีการติดตั้งไดรเวอร์ USB 3.0 ที่ถูกต้องติดตั้งไว้เพื่อให้สามารถรองรับการถ่ายโอนข้อมูลระดับ SuperSpeed USB

ดูรายละเอียดประสิทธิภาพในการทำงานของพอร์ต USB ได้จากภาคผนวก A

ผู้ผลิตหน่วยความจำแฟลชมีการกำหนดมาตรฐานความเร็ว “x-speed” ไว้สำหรับแฟลชการ์ด ทั้งนี้เนื่องจากไม่มีมาตรฐานอุตสาหกรรมที่ชัดเจนกำหนดไว้ การเปรียบเทียบผลิตภัณฑ์แฟลชต่าง ๆ จึงทำได้ยากสำหรับผู้ซื้อทั่วไป ดูรายละเอียดได้จาก [kingston.com/Flash/x-speed](http://kingston.com/Flash/x-speed)

Kingston มีการร่วมมืออย่างใกล้ชิดกับผู้ผลิตวัสดุกึ่งตัวนำและระบบควบคุมระดับโลกเพื่อให้แน่ใจว่าอุปกรณ์แฟลชจาก Kingston จะมีคุณสมบัติเทียบราคา/ประสิทธิภาพที่โดดเด่นและคุ้มค่าสำหรับลูกค้า สำหรับกลุ่มที่คาดหวังประสิทธิภาพหรือผู้ใช้ระดับสูง Kingston มีผลิตภัณฑ์รุ่น Elite Pro/Ultimate ในกลุ่ม CompactFlash, UHS SD cards, แฟลชไดรฟ์ DataTraveler SuperSpeed USB 3.0 และs HyperX SSD

## 7.0 ผลิตภัณฑ์แฟลชจาก Kingston

อุปกรณ์จัดเก็บข้อมูลแฟลชจาก Kingston มีจำหน่ายหลากหลายรุ่นได้แก่

- แฟลชไดรฟ์ USB (DataTraveler®)
- Secure Digital Card (SD, SDHC, SDXC, microSD, microSDHC, microSDXC)
- CompactFlash® Card
- eMMC
- SSD

### 7.1 แฟลชไดรฟ์ USB

แฟลชไดรฟ์ USB เริ่มเปิดตัวครั้งแรกในปี 2002 โดยเป็นสื่อบันทึกข้อมูลความจุสูงที่ถ่ายโอนข้อมูลได้รวดเร็ว มีความสะดวกในการใช้งาน และขนาดกระทัดรัดเพียงแค่มือถือ ไดรฟ์ USB ถูกเลือกใช้แทนฟลอปปีไดรฟ์หรือไดรฟ์ CD โดยมีความจุมากกว่าฟลอปปีดิสก์และไดรฟ์ CD-ROM มาก นอกจากนี้ยังสะดวกในการใช้เพื่อดาวน์โหลดและโอนไฟล์ดิจิทัลอย่างรวดเร็วจากคอมพิวเตอร์หรืออุปกรณ์ใช้งานของคุณ

แฟลชไดรฟ์ USB ใช้แฟลช NAND และระบบควบคุมการทำงานในเคสขนาดเล็ก แฟลชไดรฟ์ USB สามารถใช้งานร่วมกับคอมพิวเตอร์และ

อุปกรณ์หลากหลายชนิดที่ใช้อินเทอร์เฟซ Universal Serial Bus ไม่ว่าจะ เป็น PC แท็บเล็ต โทรทัศน์และเครื่องเล่น MP3

Kingston มีแฟลชไดรฟ์ USB DataTraveler และ Super Speed ความเร็วสูงหลากหลายให้เลือก ไดรฟ์ DataTraveler บางรุ่นยังมีระบบป้องกันด้วยรหัสผ่านและระบบเข้ารหัส AES ระดับฮาร์ดแวร์ที่ช่วยให้มั่นใจในด้านความปลอดภัยมากยิ่งขึ้น ดูรายละเอียดเพิ่มเติมได้ที่ [kingston.com/Flash/dt\\_chart.asp](http://kingston.com/Flash/dt_chart.asp).

## 7.2 การ์ด CompactFlash (CF)

การ์ด CF ทำงานร่วมกับระบบควบคุมการทำงาน โดยมีขนาดเท่ากับกล่องไม้ขีด การ์ด CompactFlash ใช้อินเทอร์เฟซแบบ Integrated Device Electronics (IDE) คล้ายกับฮาร์ดไดรฟ์และ ATA PC Card Kingston เป็นสมาชิกของ CompactFlash Association ซึ่งเป็นผู้กำหนดมาตรฐานสำหรับการ์ด CF

Kingston มีจำหน่ายการ์ด CompactFlash แบบมาตรฐานและ Elite Pro รวมทั้ง Ultimate สำหรับกลุ่มผู้ใช้ระดับสูง

การ์ด CompactFlash Elite Pro/Ultimate จาก Kingston ถือเป็นการ์ดที่เร็วที่สุดในกลุ่มอุตสาหกรรม อัตราการถ่ายโอนข้อมูลที่สูงทำให้เหมาะอย่างยิ่งสำหรับใช้กับอุปกรณ์อย่าง กล้องดิจิตอลความละเอียดสูง เพื่อให้กล้องสามารถบันทึกภาพได้อย่างรวดเร็วยิ่งกว่าและพร้อมสำหรับถ่ายภาพถัดไปได้ทันที

การ์ด CompactFlash จำหน่ายแบบฟอร์มแฟคเตอร์ Type I:

อินเทอร์เฟซ	แรงดันไฟฟ้า	จำนวนขา	ขนาดเป็น มม.
CompactFlash	3.3 และ 5 โวลต์	50	36.4 x 42.8 x 3.3 (Type 1)

## 7.3 Secure Digital Card (SD, SDHC, SDXC, microSD, microSDHC, microSDXC)

Secure Digital เริ่มเปิดตัวครั้งแรกในช่วงปลายปี 2001 ถือเป็นมาตรฐาน MultiMediaCard (MMC) รุ่นที่สอง (ดูในข้อ 7.4)

ฟอร์แมต Secure Digital เลือกใช้พัฒนาการด้านเทคโนโลยีที่สำคัญ ๆ หลากหลายอย่างที่เหนือกว่า MMC ซึ่งได้แก่ระบบป้องกันความปลอดภัยเข้ารหัสลับสำหรับข้อมูล/ไฟล์เพลงลิขสิทธิ์ SD Card Association ซึ่ง Kingston เป็นกรรมการบริหารเป็นหน่วยงานผู้กำหนดมาตรฐานสำหรับการ์ด Secure Digital

การ์ด SD จะหนากว่าการ์ด MMC เดิมเล็กน้อย ซึ่งหมายความว่าอุปกรณ์ที่ออกแบบมาให้รองรับการ์ด SD จะสามารถรองรับการ์ด MMC (หากอุปกรณ์ไฮสปีดไม่ได้จำกัดการใช้งานเฉพาะ SD ภายใต้ระบบการจัดการข้อมูลในการ์ด SD) ทั้งนี้อุปกรณ์ที่ออกแบบมาโดยเฉพาะสำหรับการ์ด MMC จะไม่สามารถรองรับการ์ด SD ที่มีความหนากว่าได้

Kingston มีจำหน่ายการ์ด SD มาตรฐานและการ์ด Ultimate SD ประสิทธิภาพสูงที่สามารถเก็บไฟล์วิดีโอความละเอียดสูงได้ Secure Digital High Capacity (SDHC) มีความจุเริ่มต้นที่ 4GB, Secure Digital Extended Capacity (SDXC) มีความจุเริ่มต้นที่ 64GB ถือเป็นอีกทางเลือกที่มีพื้นที่จัดเก็บข้อมูลมากกว่าและเหมาะสำหรับการบันทึกข้อมูลฟอร์แมต FAT/FAT32/exFAT นอกจากนี้การ์ด SDHC และ SDXC จาก Kingston ใช้พิกัด “คลาส” ความเร็วที่ Class 4, 10 และ UHS Class 1 และ 3 รองรับอัตราการถ่ายโอนข้อมูลขั้นต่ำได้ตามมาตรฐานสำหรับอุปกรณ์ที่รองรับการ์ด SDHC และ SDXC แม้ว่าจะมีขนาดเท่ากันกับการ์ด SD ในปัจจุบันแต่การ์ด SDHC และ SDXC ใหม่ได้รับการออกแบบมาให้มีความแตกต่างและใช้ได้เฉพาะกับอุปกรณ์ที่รองรับ SDHC & SDXC เท่านั้น เพื่อให้สามารถใช้งานร่วมกันได้ กรุณามองหาโลโก้ SDHC และ SDXC ที่การ์ดและอุปกรณ์ไฮสปีด (กล้องถ่ายภาพ กล้องถ่ายภาพวิดีโอ ฯลฯ)

microSD (SDC) เป็นสถาปัตยกรรมแบบพกพาของการ์ด SD สำหรับใช้กับโทรศัพท์มือถือหรืออุปกรณ์พกพาอื่น ๆ microSD มีขนาดเล็กกว่าการ์ด SD มาตรฐาน เมื่อใช้กับหัวต่อที่จัดมาให้จะสามารถใช้กับสล็อตของอุปกรณ์ที่รองรับการ์ด SD มาตรฐาน (เช่น แฟลชเมมโมรี่รีดเดอร์)

การ์ด microSDHC มีพื้นที่จัดเก็บข้อมูลมากกว่าเหมาะสำหรับเก็บไฟล์เพลง วิดีโอ ภาพถ่ายและเกมต่าง ๆ ซึ่งสอดคล้องกับชีวิตแบบพกพาในปัจจุบัน นอกจากนี้การ์ด microSDHC จาก Kingston ใช้พิกัด “คลาส” ความเร็วใหม่ที่ Class 4, 10 และ UHS Class 1 และ 3 รองรับอัตราการถ่ายโอนข้อมูลขั้นต่ำได้ตามมาตรฐานสำหรับอุปกรณ์ที่รองรับการ์ด SDHC และ SDXC การ์ด microSDHC ช่วยให้ผู้ใช้มีพื้นที่มากเพียงพอในการจัดเก็บข้อมูลสำหรับอุปกรณ์พกพารุ่นใหม่ ๆ ในปัจจุบัน



อินเทอร์เฟซ	แรงดันไฟฟ้า	จำนวนขา	ขนาดเป็น มม.
Secure Digital/SDHC/SDXC (non UHS และ UHS-I)	2.7 – 3.3 โวลต์	9	32 x 24 x 2.1
Secure Digital/SDHC/SDXC (UHS-II)	2.7 – 3.3 โวลต์	17	32 x 24 x 2.1
microSD / microSDHC microSDXC	2.7 – 3.3 โวลต์	8	15 x 11 x 1

#### 7.4 Embedded MultiMediaCard (eMMC)

Kingston eMMC เป็นแฟลชไดรฟ์ Embedded (EFD) ที่พัฒนาขึ้นสำหรับอุปกรณ์มือถือและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์สำหรับใช้งานทั่วไป eMMC เป็นอุปกรณ์ไฮบริดที่ผสมผสานระบบควบคุมแฟลชที่มีฟังก์ชันการทำงานสำเร็จรูปและหน่วยความจำแฟลช NAND ที่ใช้อินเทอร์เฟซ eMMC มาตรฐาน

Kingston eMMC ใช้หน่วยความจำแฟลช NAND ขนาดสูงสุด 64 GB เหมาะสำหรับการจัดเก็บข้อมูลโดยเฉพาะ ระบบควบคุมอัจฉริยะของ eMMC จะทำหน้าที่จัดการโปรโตคอลอินเทอร์เฟซเชื่อมต่อ การสืบค้นข้อมูล การทำงานของรหัสแก้ไขข้อผิดพลาด (ECC) ระบบวินิจัยข้อบกพร่อง การจัดการพลังงาน ระบบควบคุมเวลาและกระบวนการอื่น ๆ แฟลชไดรฟ์ eMMC เป็นประโยชน์ในการใช้งานสำหรับกลุ่มผลิตภัณฑ์แบบพกพา เช่น เพื่อรองรับข้อมูลเพลง ภาพถ่าย วิดีโอ รายการโทรทัศน์ ข้อมูล GPS เกม อีเมล ฯลฯ สถาปัตยกรรม eMMC เป็นการจำลองการทำงานของฮาร์ดดิสก์อย่างสมบูรณ์แบบเข้ากับโปรเซสเซอร์โฮสต์ทำให้การอ่าน/เขียนข้อมูลไม่แตกต่างจากฮาร์ดไดรฟ์แบบเซกเตอร์มาตรฐานปกติ นอกจากนี้ระบบควบคุม eMMC จาก Kingston ยังมีการทำฟังก์ชันโครงสร้างเสมือนจริง ระบบปรับระดับการสึกหรอแบบไดนามิก ระบบปรับระดับการสึกหรอแบบคงที่และระบบจัดการบล็อกข้อมูลอัตโนมัติเพื่อให้แน่ใจว่าข้อมูลจะมีเสถียรภาพและทนทานมากที่สุด

อินเทอร์เฟซ	จำนวนขา	ขนาดเป็น มม.
eMMC	153 BGA	11.5 x 13 x 1.0
eMMC	153 BGA	11.5 x 13 x 1.2
eMMC	169 BGA	12 x 16 x 1.0
eMMC	169 BGA	12 x 16 x 1.2
eMMC	169 BGA	12 x 16 x 1.4

#### 7.5 ไดรฟ์ Solid State (SSD)

solid-state drive (SSD) คืออุปกรณ์บันทึกข้อมูลที่ใช้หน่วยความจำ Solid State เพื่อจัดเก็บข้อมูลโดยมีเป้าหมายเพื่อรองรับการสืบค้นในลักษณะเดียวกับฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ (HDD) แบบปกติ เมื่อปี 2007 SSD ส่วนใหญ่จะใช้หน่วยความจำแฟลช NAND แบบไม่เสถียรเพื่อเก็บข้อมูลโดยไม่มีชิ้นส่วนที่เคลื่อนที่อยู่ภายใน เมื่อเปรียบเทียบกับ HDD ไดรฟ์ SSD มีโอกาสเกิดปัญหาจากการสั่นสะเทือนน้อยกว่าและทำงานได้เร็วกว่า นอกจากนี้ยังมีเวลาหน่วงในการสืบค้นข้อมูลที่ต่ำกว่า ประสิทธิภาพจึงเหนือกว่ามาก SSD ใช้อินเทอร์เฟซและฟอร์แมตเตอร์เดียวกันกับฮาร์ดไดรฟ์ทั่วไป ทำให้สามารถติดตั้งแทนฮาร์ดไดรฟ์ในคอมพิวเตอร์ส่วนใหญ่ได้อย่างไม่ยุ่งยาก

Kingston มีไดรฟ์ SSD มากมายสอดคล้องตามความต้องการของนักธุรกิจ ผู้ใช้ทั่วไป ผู้ประกอบเครื่องและกลุ่มที่คาดหวังประสิทธิภาพ SSD สำหรับธุรกิจจาก Kingston ถือเป็นไดรฟ์ที่เร็วที่สุดในกลุ่มอุตสาหกรรมและมีการรับประกันที่ยาวนานกว่า SSD สำหรับผู้ใช้ทั่วไปและสำหรับกลุ่มผู้พัฒนาระบบเน้นที่ความคงตัวระหว่างราคาและประสิทธิภาพในขณะที่กลุ่มที่คาดหวังประสิทธิภาพเองก็มั่นใจได้กับการทำงานที่รวดเร็วและการออกแบบที่สวยงามของไดรฟ์ HyperX SSD จาก Kingston

ชิปหน่วยความจำแฟลชที่ใช้ใน SSD: มีหน่วยความจำแฟลชอยู่สองประเภทที่ใช้กับ SSD ได้แก่แบบ Multi-Level Cell (MLC) และ Single-Level Cell (SLC) หน่วยความจำแฟลชทั้งสองประเภทมีประสิทธิภาพและความทนทานที่แตกต่างกันไป เนื่องจากหน่วยความจำแฟลช SLC มีราคาสูงกว่า MLC จึงเป็นหน่วยความจำแฟลชที่มักใช้กับ SSD ที่ผลิตสำหรับใช้กับโน้ตบุ๊กและ PC เดสก์ทอป SSD ที่ออกแบบมาสำหรับเซิร์ฟเวอร์จะใช้

หน่วยความจำแฟลชแบบใหม่ที่เรียกว่า Enterprise MLC (eMLC) ซึ่งมีความทนทานมากกว่าและเหมาะกับการทำงานที่หนักหน่วงของเซิร์ฟเวอร์ระดับสูง

ความทนทานของ SSD: ความทนทานของ SSD คือระยะเวลาที่คาดว่า SSD จะทำงานได้ตามปกติภายใต้ภาระในการเขียนข้อมูลที่กำหนด ความทนทานของ SSD โดยปกติจะพิจารณาจากจำนวนไบนารีที่เขียน (TBW) ไปยังไดรฟ์ นี่เป็นจำนวนข้อมูลทั้งหมดที่คาดว่าท่านจะสามารถเขียนไปยังไดรฟ์ตลอดอายุการใช้งานที่กำหนด ความทนทานของหน่วยความจำแฟลชโดยปกติจะลดลงเรื่อยๆ ไปตามจำนวนไบนารีที่ลดลงใน NAND เรียกเป็น “ตัวแปรยกกำลังในการเขียนข้อมูล” หรือ WAF WAF คือส่วนต่างระหว่างการเขียนของโฮสต์และจำนวนข้อมูลทั้งหมดที่เขียนไปยัง NAND ต่อกระบวนการเขียนแต่ละรอบ อุปกรณ์ที่ใช้หน่วยความจำแฟลช เช่น SSD จะเขียนข้อมูลแบบเต็มบล็อก ในการเขียนข้อมูลไปยังบล็อกที่มีข้อมูลบางส่วนอยู่แล้ว อุปกรณ์จะต้องมีข้อมูลที่ติดอยู่ในบล็อกดังกล่าวที่จะผนวกกับข้อมูลใหม่เพื่อเขียนซ้ำไปยังหน่วยความจำแฟลช เช่น หากข้อมูล 2GB ถูกเขียนไปยัง SSD ข้อมูลจริงที่เขียนไปยังแฟลชอาจเป็น 4GB ในกรณีนี้ WAF จะเท่ากับ (2) WAF จะแตกต่างกันไปโดยอาจเริ่มต้นจาก .5 หรือสูงถึง 20 หรือ 30 ขึ้นอยู่กับระบบควบคุม SSD และประเภทข้อมูลที่กำลังเขียน (แบบสุ่มหรือเรียงตามลำดับ) ไปยัง SSD

ระบบควบคุมสื่อบันทึกข้อมูล SSD: SSD ใช้ระบบควบคุมแฟลชที่ซับซ้อนเพื่อสื่อสารระหว่าง Serial ATA Host Controller และชิปแฟลชที่ SSD ชิปแบบนี้จะจัดการการอ่านข้อมูลและการเขียนข้อมูลไปยังหน่วยความจำแฟลชที่ SSD ระบบควบคุม SSD ยังทำหน้าที่จัดการการทำงานของสำคัญอื่น ๆ เช่น การปรับระดับการสึกหรอและการรวบรวมข้อมูลขยะเพื่อยืดอายุการใช้งานของไดรฟ์และช่วยรักษาประสิทธิภาพในการทำงานของไดรฟ์ตลอดอายุการใช้งานให้คงที่

อินเทอร์เฟซโฮสต์ Serial ATA (SATA): SSD ทั้งหมดของ Kingston รองรับการเชื่อมต่ออินเทอร์เฟซโฮสต์ SATA ที่ช่วยให้ SSD จาก Kingston สามารถต่อใช้งานกับโน้ตบุ๊ก เดสก์ท็อปและเซิร์ฟเวอร์ใช้งานทั่วไปได้เป็นเวลาหลายปี Kingston SSD สามารถใช้งานได้กับระบบควบคุมโฮสต์ SATA revision 2, 3Gbps และ SATA revision 3, 6Gbps ส่วนใหญ่ ระบบควบคุมโฮสต์ SATA ส่วนใหญ่รองรับการทำงานกับมาตรฐานเดิมแต่หากระบบควบคุมโฮสต์ SATA จำกัดความเร็วในการอ่านและการเขียนข้อมูลไว้ การใช้ SSD ที่มีความเร็วสูงกว่าจะไม่ทำให้การถ่ายโอนข้อมูลเร็วขึ้นแต่อย่างใด เช่นหากต่อ SATA Rev. 3 SSD เข้ากับระบบควบคุมโฮสต์ SATA Rev. 2 การถ่ายโอนข้อมูลจะเร็วได้เท่าที่ระบบควบคุมโฮสต์รองรับเท่านั้น

อินเทอร์เฟซ	ความเร็ว	แรงดันไฟฟ้า	จำนวนขา	ขนาดเป็น มม.
SATA Rev. 2	3 Gbps	5 โวลต์	SATA 22 ขา	69.85 x 100 x 9.5
SATA Rev. 3	6 Gbps	5 โวลต์	SATA 22 ขา	69.85 x 100 x 9.5

## 7.6 ไดรฟ์ SSD mSATA (MO-300) และ Half-Slim (MO-297) รวมทั้ง M.2 Solid State

Kingston ขอแนะนำ mSATA และ Half-Slim SATA SSD ขนาดเล็กสำหรับผู้ประกอบเครื่องและผู้พัฒนาระบบโดยเฉพาะ ผลิตภัณฑ์กลุ่มนี้ ออกแบบมาสำหรับการใช้งานในเชิงพาณิชย์อย่างแท้จริง

MO-300 – mSATA หรือ Mini-SATA เปิดตัวโดย Serial ATA International Organization เมื่อเดือนกันยายนปี 2009 โดยผลิตขึ้นสำหรับใช้กับโน้ตบุ๊กและอุปกรณ์อื่น ๆ ที่ต้องการไดรฟ์ SSD ขนาดเล็ก หัวต่อจะคล้ายกับอินเทอร์เฟซ PCI Express Mini Card โดยสามารถรองรับระบบไฟฟ้าวร่วมกัน ทั้งนี้สัญญาณข้อมูลจะต้องผ่านระบบควบคุมโฮสต์ SATA แทนระบบควบคุมโฮสต์ของ PCI-express การเชื่อมต่อ mini PCIe บางส่วนเท่านั้นที่รองรับ SATA ดังนั้นควรตรวจสอบรายละเอียดกับผู้จำหน่ายเครื่องก่อนในเบื้องต้น

MO-297 – Slim SATA เป็นไดรฟ์ SSD ที่พัฒนาขึ้นมาภายใต้ฟอร์มแฟคเตอร์พิเศษ มีประสิทธิภาพโดดเด่น ตัวไดรฟ์เป็นไดรฟ์มาตรฐานแบบไม่มีเคสตัวนอก ขนาดไม่ถึงครึ่งหนึ่งของไดรฟ์ SSD 2.5 นิ้ว Slim SATA ใช้ไดรฟ์ SATA แบบมาตรฐานและระบบเชื่อมต่อทางไฟฟ้าเหมือนกับ SSD ขนาด 2.5 นิ้ว ทำให้สามารถใส่กับเครื่องโฮสต์ได้อย่างหลากหลาย Slim SATA เป็นมาตรฐาน JEDEC (MO-297) โดยมีจุดยึด (4) จุดเพื่อยึดไดรฟ์เข้ากับตัวเครื่อง

M.2 – ไดรฟ์ M.2 ตัวใหม่เป็นสื่อบันทึกข้อมูลรุ่นใหม่ ออกแบบมาเป็นไดรฟ์ SATA ขนาดเล็กเป็นพิเศษ M.2 พัฒนาขึ้นโดย PCI-SIG และออกแบบมาเป็นผลิตภัณฑ์รุ่นปรับปรุงใหม่สำหรับ MO-300 โดยอาศัยฟอร์มแฟคเตอร์ PCI Express Mini Card และหัวต่อรุ่นปัจจุบันที่รองรับโมดูลขนาดยาวและส่วนประกอบแบบสองด้าน โมดูล M.2 เป็นรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าและมีความกว้างและความยาวที่หลากหลาย ทั้งนี้โมดูล M.2 ที่มีจำหน่าย

ในเชิงพาณิชย์จะมีความกว้างที่ 22 มม. และมีความยาวระหว่าง 30, 42, 60, 80 และ 110 มม. การเชื่อมต่อ mini PCIe บางส่วนเท่านั้นที่รองรับ SATA ดังนั้นจึงควรตรวจสอบรายละเอียดกับผู้จำหน่ายเครื่องของคุณก่อนในเบื้องต้น

ฟอร์มแฟคเตอร์	อินเทอร์เฟซ	แรงดันไฟฟ้า	จำนวนขา	ขนาดเป็น มม.
MO-300	SATA	3.3 โวลต์	52 Pin PCIe Mini Card	50.8 x 30
MO-297	SATA	5 โวลต์	SATA 22 ขา	54 x 39
M.2	PCI Express	3.3 โวลต์	75 Pins PCIe M.2	22 x 30, 42, 60, 80, 110

Kingston มีการร่วมมืออย่างใกล้ชิดกับผู้ผลิตวัสดุกึ่งตัวนำและระบบควบคุมระดับโลกเพื่อให้แน่ใจว่า SSD จาก Kingston จะมีคุณสมบัติเทียบราคา/ประสิทธิภาพที่โดดเด่นและคุ้มค่าสำหรับลูกค้า

## 8.0 แฟลชมีเดียรีดเดอร์จาก Kingston

แฟลชมีเดียรีดเดอร์ช่วยให้อุปกรณ์จัดเก็บข้อมูลแฟลชสามารถใช้เป็นสื่อบันทึกข้อมูลแบบพกพาสำหรับคอมพิวเตอร์ รวมทั้งสำหรับอพท์โหลดหรือดาวน์โหลดภาพถ่าย เพลงและข้อมูลอื่น ๆ โดยไม่ต้องอาศัยอุปกรณ์โฮสต์ต้นทาง (เช่น กล้องดิจิทัลหรือเครื่องเล่น MP3) รวมทั้งไม่ต้องอาศัยไฟจากแบตเตอรี่

แฟลชมีเดียรีดเดอร์ช่วยให้การถ่ายโอนข้อมูลทำได้รวดเร็วยิ่งกว่าที่อุปกรณ์โฮสต์สามารถรองรับได้ เช่น รีดเดอร์ USB จะทำงานได้เร็วกว่าอุปกรณ์โฮสต์มาก (เช่น กล้องดิจิทัล) โดยใช้อินเทอร์เฟซแบบอนุกรม หากอุปกรณ์โฮสต์ไม่รองรับการถ่ายโอนข้อมูลความเร็วสูง รีดเดอร์ที่ไวกว่าจะช่วยลดเวลาการถ่ายโอนข้อมูลลงได้อย่างมาก

Kingston จัดจำหน่ายแฟลชมีเดียรีดเดอร์เพื่อเพิ่มความสะดวกแก่ผู้ใช้ในการต่อพ่วงอุปกรณ์จัดเก็บข้อมูลแฟลชกับคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคลหรือโน้ตบุ๊ก

สำหรับแฟลชมีเดีย Kingston ขอแนะนำให้ใช้ Media Reader ที่สะดวกและใช้งานได้อย่างหลากหลาย เนื่องจากเป็นรีดเดอร์สำเร็จรูปที่รองรับแฟลชการ์ดหลายตัว และสามารถต่อกับคอมพิวเตอร์ที่มีพอร์ต USB 2.0 หรือ USB 3.0 Kingston

มีจำหน่าย USB 3.0 Media Reader สำหรับถ่ายโอนข้อมูลความเร็วสูงซึ่งเหนือกว่า USB 2.0 Media Reader ถึง 10 เท่า Kingston ยังมีจำหน่ายรีดเดอร์แบบพกพา MobileLite G4 และ microSD/SDHC Reader สำหรับการถ่ายโอนข้อมูลความเร็วสูงกับเครื่องที่รองรับมาตรฐาน Hi-Speed USB 2.0 และ SuperSpeed USB 3.0

## 9.0 ข้อมูลการรองรับการทำงานทางแม่เหล็กไฟฟ้าสำหรับผู้ใช้อื่น

### 9.1 ถ้อยแถลงจาก FEDERAL COMMUNICATIONS COMMISSION (FCC):

อุปกรณ์นี้ได้มาตรฐานตาม Part 15 ของ FCC Rules การใช้งานต้องเป็นไปตามเงื่อนไขสองประการดังนี้ (1) อุปกรณ์นี้ไม่ทำให้เกิดสัญญาณรบกวนที่เป็นอันตรายและ (2) อุปกรณ์นี้จะต้องสามารถทนรับสัญญาณรบกวนที่ได้รับ รวมทั้งสัญญาณรบกวนที่อาจทำให้เกิดการทำงานที่ไม่พึงประสงค์

เครื่องนี้ผ่านการทดสอบและมีคุณสมบัติตรงตามข้อกำหนด สำหรับอุปกรณ์ดิจิทัล Class B ตามข้อกำหนดของ FCC หมวดที่ 15 ข้อกำหนดเหล่านี้กำหนดขึ้นเพื่อป้องกันสัญญาณรบกวนที่เป็นอันตราย สำหรับการติดตั้งภายในบ้าน อุปกรณ์นี้สร้าง ize และสามารถแผ่คลื่นความถี่วิทยุได้ และหากไม่ได้รับการติดตั้งและใช้งาน ตามคำแนะนำ อาจก่อให้เกิดสัญญาณรบกวน ที่เป็นอันตรายต่อการสื่อสารทางวิทยุได้ อย่างไรก็ตาม บริษัทไม่รับประกันว่า จะไม่เกิดสัญญาณรบกวนขึ้นในการติดตั้ง หากอุปกรณ์นี้ไม่ทำให้เกิดสัญญาณรบกวน ที่เป็นอันตรายต่อการรับคลื่นวิทยุหรือโทรทัศน์ ซึ่งสามารถตรวจสอบได้โดยการปิดและเปิดเครื่อง ขอให้ผู้ใช้งานพยายามตรวจสอบแก้ไขสัญญาณรบกวนด้วยวิธีใดวิธีหนึ่งดังต่อไปนี้

- เปลี่ยนหรือย้ายเสาอากาศ
  - เพิ่มระยะห่างระหว่างอุปกรณ์และเครื่องรับสัญญาณ
  - ต่ออุปกรณ์กับปลั๊กที่อยู่คนละวงจรกับเครื่องรับที่ต่ออยู่
  - ติดต่อขอความช่วยเหลือจากตัวแทนจำหน่าย หรือช่างวิทยุ/โทรทัศน์ที่มีประสบการณ์
- \*\*\* การเปลี่ยนแปลงหรือดัดแปลงที่ไม่ผ่านการรับรองโดยผู้ที่มีหน้าที่ในการควบคุมมาตรฐานจะทำให้คุณเสียสิทธิ์ในการใช้งานอุปกรณ์นี้

## 9.2 ถ้อยแถลงจาก INDUSTRY CANADA (IC):

อุปกรณ์ดิจิทัล Class [B] นี้ได้มาตรฐาน Canadian ICES-003. Cet appareil numérique de la classe [B] est conforme à la norme NUM-003 du Canada.

## 10.0 ข้อมูลเพิ่มเติม:



ตรวจสอบรายละเอียดผลิตภัณฑ์จาก Kingston เพิ่มเติมได้ที่: [kingston.com/Flash](http://kingston.com/Flash).

ภาคผนวก: ประสิทธิภาพของ USB

Universal Serial Bus (USB) เป็นอินเทอร์เฟซที่นิยมสำหรับการเชื่อมต่อแฟลชการ์ดรีดเดอร์กับคอมพิวเตอร์

มาตรฐาน USB ล่าสุดคือ USB 3.0 มาตรฐานเดิมคือ USB 2.0 มาตรฐาน USB 3.0 รองรับทั้งความเร็วระดับ USB 2.0 สำหรับอุปกรณ์รุ่นเก่า มาตรฐาน USB 2.0 รองรับมาตรฐาน USB 1.1 ทั้งนี้มาตรฐาน USB 3.0 จะไม่สามารถรองรับพอร์ต USB 1.1 ได้

มีข้อพิจารณาหลายประการในการชี้วัดประสิทธิภาพของอุปกรณ์จัดเก็บข้อมูลแฟลช (ดูรายละเอียดในหน้าถัดไป)

<p>เทคโนโลยีซีพียูหน่วยความจำแฟลช</p> <p>Single-Level Cell (SLC) vs. Multi-Level Cell (MLC) /Triple-Level Cell (TLC)</p>	<p>โดยทั่วไปอุปกรณ์จัดเก็บข้อมูลแฟลชที่ใช้ Multi-Level Cell (MLC) NAND Flash จะมีประสิทธิภาพเหนือกว่า Triple-Level Cell (TLC) NAND Flash มาตรฐานหรือ แฟลชการ์ด NAND หรือ DataTraveler</p> <p>แฟลชการ์ดมาตรฐานหรือไดรฟ์ DataTraveler USB ถือเป็นสื่อบันทึกข้อมูลที่มีราคา/ประสิทธิภาพคุ้มค่าเหมาะสำหรับผู้ใช้กล้องดิจิทัล แท็บเล็ต โทรศัพท์มือถือและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ส่วนใหญ่ การ์ด UHS หรือแฟลชไดรฟ์ SuperSpeed DataTraveler 3.0 USB อ่านและเขียนข้อมูลได้ไวกว่า เหมาะสำหรับผู้ใช้ระดับสูง ช่างภาพและผู้ที่มีความหวังประสิทธิภาพ</p> <p>เพื่อให้แฟลชการ์ดหรือแฟลชไดรฟ์ USB ประสิทธิภาพสูงทำงานได้เต็มที่ ผู้ใช้จะต้องมีอุปกรณ์ที่รองรับมาตรฐานความเร็วสูงหรือคอมพิวเตอร์ที่กำหนดค่าไว้อย่างถูกต้องและสามารถทำงานร่วมกันได้ กล้องดิจิทัลและอุปกรณ์บางตัวต้องใช้แฟลชการ์ดประสิทธิภาพสูงเพื่อให้สามารถทำงานได้อย่างถูกต้อง</p>
<p>อุปกรณ์ไฮสปีดสำหรับใช้งานทั่วไป</p> <p>กล้องดิจิทัล โทรศัพท์มือถือ PDA แท็บเล็ต PC และอุปกรณ์อื่น ๆ</p>	<p>ระบบควบคุมในตัวที่ทำหน้าที่สื่อสารกับแฟลชการ์ดหรือแฟลชไดรฟ์ USB ในอุปกรณ์ใช้งานทั่วไปหลายตัวอาจมีแบนด์วิดท์ที่จำกัด ดูรายละเอียดได้จากคู่มือผู้ใช้หรือติดต่อผู้ผลิต เพื่อสอบถามรายละเอียดเฉพาะใด ๆ</p> <p>ประสิทธิภาพในการทำงานจริงจะเท่ากับระดับการถ่ายโอนข้อมูลขั้นต่ำที่ระบบควบคุมไฮสปีด แฟลชการ์ดหรือแฟลชไดรฟ์ USB รองรับ</p>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• การเชื่อมต่อแฟลชการ์ดกับ คอมพิวเตอร์ผ่าน Media Reader, MobileLite และรีดเดอร์ microSD จาก Kingston</li> <li>• การเชื่อมต่อแฟลชไดรฟ์ USB โดยตรงเข้ากับ สล็อต USB ของคอมพิวเตอร์</li> </ul>	<p>มาตรฐาน USB 2.0 ยังรองรับ USB 1.1 ด้วย เพื่อให้สามารถใช้งาน กับอุปกรณ์รุ่นเก่า มาตรฐาน USB ล่าสุดคือ USB 3.0 มาตรฐาน USB 3.0 รองรับมาตรฐาน USB 2.0 แต่อุปกรณ์มาตรฐาน USB 3.0 จะไม่สามารถทำงานกับพอร์ต USB 1.1</p> <p>แฟลชไดรฟ์ USB และ Digital Media Reader/Writers จะต้องระบุโลโก้ต่อไปนี้เพื่อแจ้ง ระดับประสิทธิภาพในการทำงาน:</p> <div style="display: flex; flex-direction: column; gap: 10px;"> <div data-bbox="649 1155 1510 1260">  <p>โลโก้ USB: โอนข้อมูลสูงสุด 12 เมกะบิตต่อวินาที (12Mb/s หรือ 1.5MB/s) เรียกอีกอย่างว่าเป็นมาตรฐาน Original USB หรือ USB 1.1 รวมทั้งรองรับมาตรฐาน USB 2.0 Full-Speed ที่ความเร็วสูงสุดที่ 12Mb/s (หรือ 1.5MB/s)</p> </div> <div data-bbox="649 1302 1510 1428">  <p>โลโก้ Hi-Speed USB: โอนข้อมูลสูงสุด 480 เมกะบิตต่อวินาที (480Mb/s หรือ 60MB/s) เรียกอีกอย่างว่ามาตรฐาน USB 2.0 Hi-Speed Hi-Speed USB เร็วกว่า USB ถึง 40 เท่า และยังสามารถรองรับมาตรฐาน USB ผ่านโหมด USB 2.0 Full-Speed โดยรองรับความเร็วสูงสุดที่ 12Mb/s (หรือ 1.5MB/s)</p> </div> <div data-bbox="649 1470 1510 1554">  <p>โลโก้ SuperSpeed USB: โอนข้อมูลสูงสุด 5 กิกะบิตต่อวินาที (5Gbps/s หรือ 625MB/s) SuperSpeed USB เร็วกว่า USB 2.0 10 เท่า และรองรับมาตรฐาน USB 2.0 ที่ 480Mb/s ทั้งนี้อุปกรณ์มาตรฐาน USB 3.0 จะไม่สามารถทำงานกับพอร์ต USB 1.1 ได้</p> </div> </div>

หมายเหตุ: ความจุที่แจ้งบางส่วนนี้อาจอิงสำหรับการฟอร์แมตหรือฟังก์ชันอื่น ๆ ไม่ใช่ความจุสำหรับใช้จัดเก็บข้อมูลที่แท้จริง