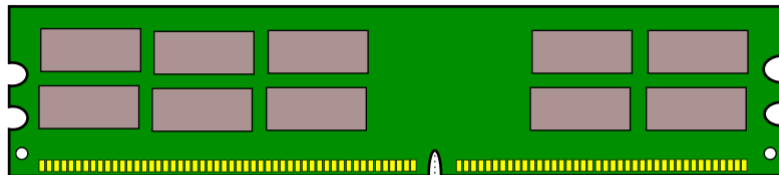


内存概念

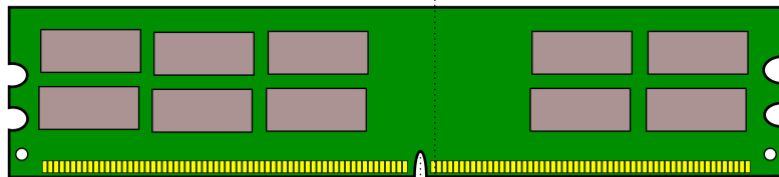
内存是计算机中重要的部件之一，它是与CPU进行沟通的桥梁。计算机中所有程序的运行都是在内存中进行的，因此内存的性能对计算机的影响非常大。内存(Memory)也被称为内存存储器，其作用是用于暂时存放CPU中的运算数据，以及与硬盘等外部存储器交换的数据。只要计算机在运行中，CPU就会把需要运算的数据调到内存中进行运算，当运算完成后CPU再将结果传送出来，内存的运行也决定了计算机的稳定运行。内存是由内存芯片、电路板、

综述

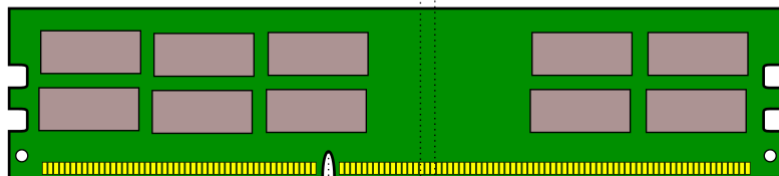
DDR



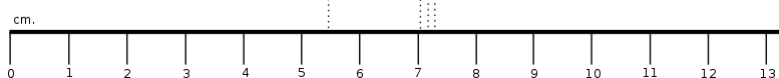
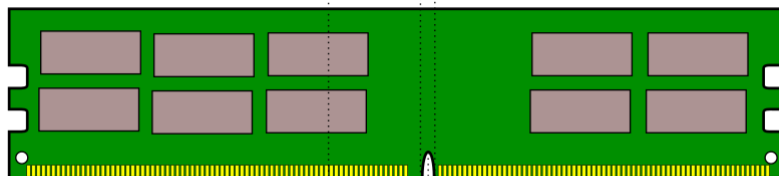
DDR 2



DDR 3



DDR 4





Baidu 百科

- 性能
 - 颗粒 (性能决定)
 - 电路板
 - 布局
 - 插槽
 - 安装方式
 - 可超频? 不可超频
- 价格
 - 颗粒
 - 频率
 - 电压
 - 厂商 (国产、外国-真实)

名称	发行年份	芯片	总线	电压(V)	别针							
根	标准	时钟频率(MHz)	循环时间(ns)	预取	时钟频率(MHz)	传输速率(MT/s)	频宽(MB/s)	内存条	SO-DIMM	微型DIMM		
DDR	DDR-200	2000	100	10	2n	100	200	1600	2.5	184	200	172
DDR-266	133	7.5	133	266	2133							
DDR-333	166%	6	166%	333	2666%							
DDR-400	200	5	200	400	3200	2.6						
<u>DDR2</u>	DDR2-400	2003年	100	10	4n	200	400	3200	1.8	240	200	214
DDR2-533	133%	7.5	266%	533%	4266%							
DDR2-667	166%	6	333%	666%	5333%							
DDR2-800	200	5	400	800	6400							
DDR2-1066	266%	3.75	533%	1066%	8533%							
<u>DDR3</u>	DDR3-800	2007年	100	10	8n	400	800	6400	1.5 / 1.35	240	204	214
DDR3-1066	133%	7.5	533%	1066%	8533%							
DDR3-1333	166%	6	666%	1333%	10666%							
DDR3-1600	200	5	800	1600	12800							
DDR3-1866	233%	4.29	933%	1866%	14933%							
DDR3-2133	266%	3.75	1066%	2133%	17066%							
<u>DDR4</u>	DDR4-1600	2014年	200	5	8n	800	1600	12800	1.2 / 1.05	288	260	
DDR4-1866	233%	4.29	933%	1866%	14933%							
DDR4-2133	266%	3.75	1066%	2133%	17066%							
DDR4-2400	300	3%	1200	2400	19200							
DDR4-2666	333%	3	1333%	2666%	21333%							
DDR4-2933	366%	2.73	1466%	2933%	23466%							
DDR4-3200	400	2.5	1600	3200	25600							

	DDR	DDR2	DDR3	LPDDR3	DDR3L	DDR4	LPDDR4	LPDDR4x
Data Rate Mbps	200/266/333/400	400/533/667/800	800/1066/1333/1600	up to 2133 up to 1066	同DDR3	up to 2666 up to 1333	up to 4266 up to 2133	up to 4266 up to 2133
频率 MHz	100/233/166/200	200/266/333/400	400/533/667/800					
VDD (主电源)	VDD=2.5V±0.2	VDD=1.8V±0.1	VDD=1.5V±0.075	VDD1=1.8V VDD2=1.2V	VDD=1.35	VDD=1.2	1.8 / 1.1 / 1.1 V	1.8 / 1.1 / 0.6 V
VDDQ(I/O电压)	VDDQ=2.5V±0.2	VDDQ=1.8V±0.1	VDDQ=1.5V±0.075	VDDQ=1.2V	VDDQ=1.35	VDDQ=1.2		
VREFDQ	VREFDQ=1/2VDDQ	VREFDQ=1/2VDDQ	VREFDQ=1/2VDDQ	VDDCA=1.2V VERFDQ=1/2VDDQ	VREFDQ=1/2VDDQ	VREFDQ=1/2VDDQ		
VERFCA	NA	NA	1/2VDDQ	1/2VDDCA	1/2VDDQ			
Interface	SSTL_2	SSTL_18	SSTL_15	SSTL_12				
bit pre-fetch	2bit	4bit	8bit	8bit	同DDR3			
Bank数量	4	4, 8	8	8	同DDR3			
突发长度	2,4,8	4,8	4, 8	8	同DDR3			
ZQ校准	NA	NA	Yes	同DDR3	同DDR3			
Reset PIN	NA	NA	Yes	同DDR3	同DDR3			
ODT Function	NA	Yes	Yes	同DDR3	同DDR3			
ODT Calibration	NA	NA	For ZQ Calib	同DDR3	同DDR3			
Dymatic ODT	NA	NA	Yes	同DDR3	同DDR3			
Clock DQs de-skew	NA	NA	Yes	同DDR3	同DDR3			
新技术		首次引入OCD、ODT和POST技术	ZQ是一个新增的引脚，在这个引脚上接有240欧姆的低公差参考电阻，新增模块SRT (Self-Refresh Temperature) 可编程化温度控制存储器时钟频率功能，新增PASR (Partial Array Self-Refresh) 局部Bank刷新的功能，可以说针对整个存储器Bank做更有效的数据读写以达到省电功效；	同DDR3	同DDR3			
封装	66PIN TSOPII 60PIN BGA 10mmx18mm	60/68/84球FBGA	78球FBGA-8bit 96球FBGA-16bit	253FBGA	同DDR3		200FBGA	200FBGA, 376FBGA, 432FBGA, 556FBGA

DDR2规格	传输标准	核心频率	总线频率	等效传输频率	数据传输率
DDR2 400	PC2 3200	100MHz	200MHz	400MHz	3200MB/s
DDR2 533	PC2 4300	133MHz	266MHz	533MHz	4300MB/s
DDR2 667	PC2 5300	166MHz	333MHz	667MHz	5300MB/s
DDR2 800	PC2 6400	200MHz	400MHz	800MHz	6400MB/s

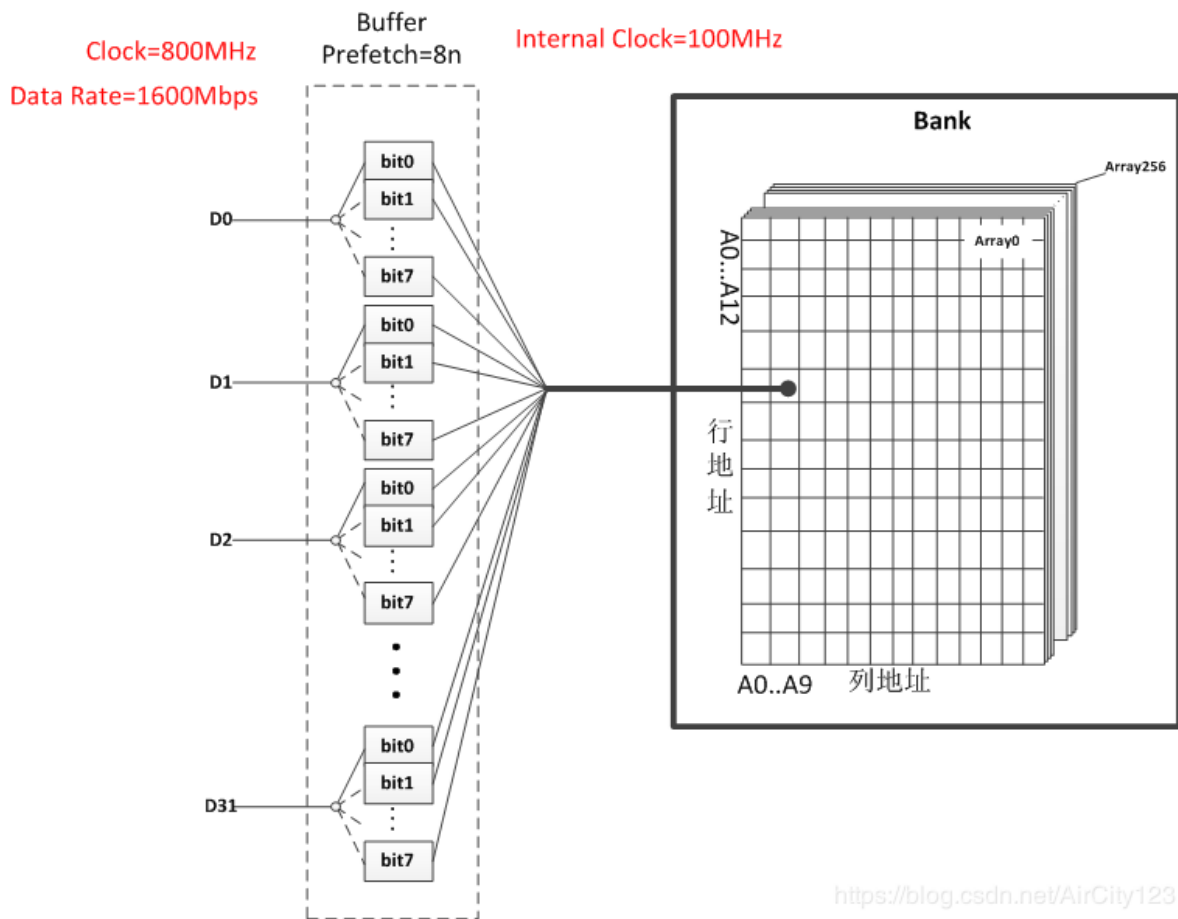
内存频率

内存主频和CPU主频一样，用来表示内存的速度，它代表着该内存所能达到的最高工作频率。内存主频是以MHz（兆赫）为单位来计量的。内存主频越高在一定程度上代表着内存所能达到的速度越快，内存主频决定着该内存最高能在什么样的频率正常工作。

计算机系统的时钟速度是以频率来衡量的。晶体振荡器控制着时钟速度，在石英晶片上加上电压，其就以正弦波的形式震动起来，这一震动可以通过晶片的形变和大小记录下来。晶体的震动以正弦调和变化的电流的形式表现出来，这一变化的电流就是时钟信号。而内存本身并不具备晶体振荡器，因此内存工作时的时钟信号是由主板芯片组的北桥或直接由主板的时钟发生器提供的，也就是说内存无法决定自身的工作频率，其实际工作频率是由主板来决定的。

预存取

预存取是Prefetch字面意思，每一代的DDR预存取大小不同，详见第2章中表格。以DDR3为例，它的Prefetch=8n，相当于DDR的每一个IO都有一个宽度为8的buffer，从IO进来8个数据后，在第8个数据进来后，才把这8个数据一次性的写入DDR内部的存储单元。下图是一个形象的解释，同时我们关注一下几个速率。DDR3的时钟是800MHz，Data Rate是1600Mbps，由于这个Buffer的存在，DDR内部的时钟只需要200MHz就可以了



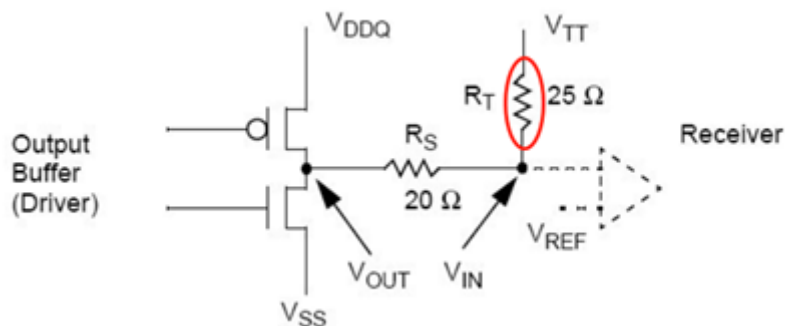
原文链接: <https://blog.csdn.net/AirCity123/java/article/details/103658204>

SSTL

SSTL (Stub Series Terminated Logic) 接口标准也是JEDEC所认可的标准之一。该标准专门针对高速内存(特别是SDRAM)接口。SSTL规定了开关特点和特殊的端接方案。

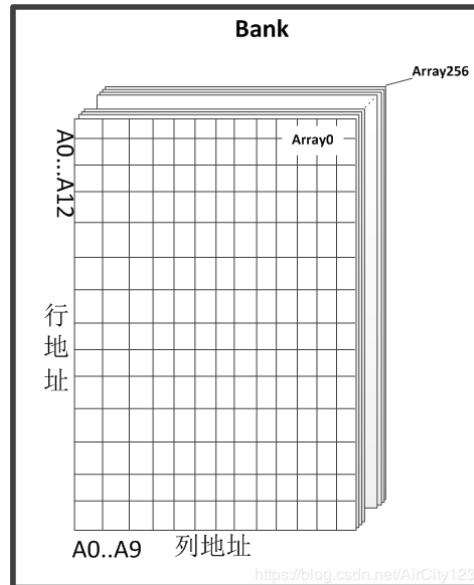
SSTL标准规定了IC供电, IO的DC和AC输入输出门限, 差分信号门限, Vref电压等。SSTL_3是3.3V标准, SSTL_2是2.5V标准, SSTL_18是1.8V标准, SSTL_15是1.5V。

SSTL最大的特点是需要终端匹配电阻, 也叫终端终结电阻, 上拉到VTT (1/2VDDQ)。这个短接电阻最大的作用是为了信号完整性, 特别是在1拖多的Fly-by走线拓扑下, 还能增强驱动能力。



Bank

一个Bank中包含若干个Array，Array相当于一个表单，选中“行地址”和“列地址”后，表单中的一个单元格就被选中，这个单元格就是一个bit。Bank中的所有Array的行地址是连在一起的，列地址也是。那么选中“行地址”和“列地址”后，将一起选中所有Array的bit。有多少个array，就有多少个bit被选中。以DDR3为例，Data线宽度是32，prefetch是8，那么Array就有 $32 \times 8 = 256$ 。内部一次操作会选中256bit的数据。Bank数量越多，需要的Bank选择线越多，DDR3有8个bank，需要3个BA信号BA0~2。BA，行地址，列地址共同组成了存储单元的访问地址，缺一不可。



DDR的容量计算

寻址容量的计算方式：

$$\text{DDR 容量} = 2^{\text{Bank Address}} \times 2^{\text{Row Address}} \times 2^{\text{Col Address}} \times \text{位宽} = 2^3 \times 2^{14} \times 2^{10} \times 8 = 1\text{Gb}$$

内存带宽

内存与CPU直接交换数据，内存带宽决定着能给CPU塞多少东西。

内存带宽 = 内存核心频率 × 内存总线位宽

内存总线位宽的扩展？ ----内存通道模式。

内存通道模式

Intel 对于内存通道模式有单通道，双通道，三通道，四通道和混合模式。

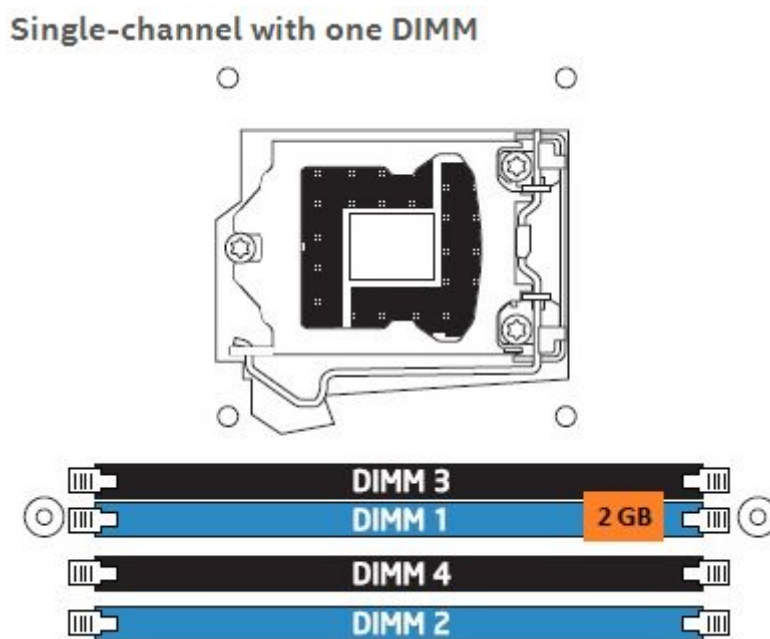
内存单通道

又称非对称模式，Single-channel (asymmetric) mode。

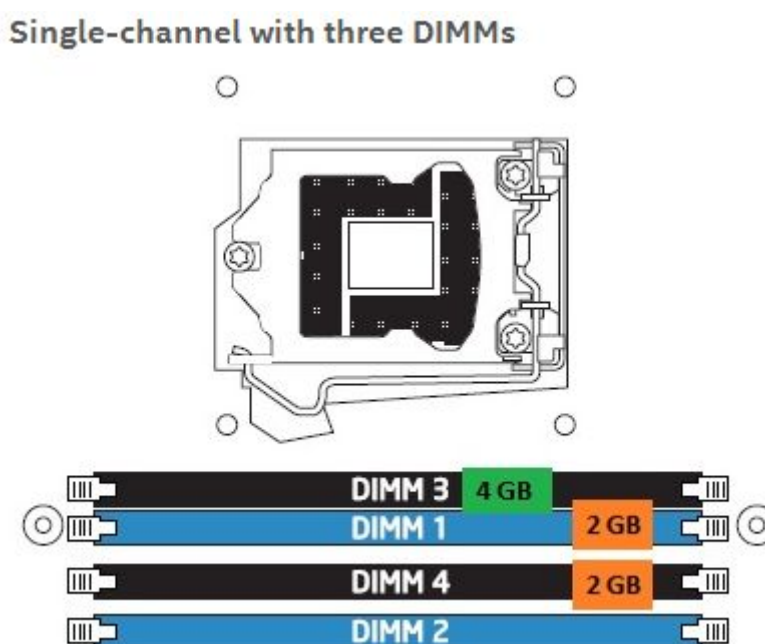
单通道模式提供单通道带宽操作，当仅安装一个DIMM时，或者当超过一个DIMM的内存容量不相等时，就会使用该模式。当在通道间使用不同的速度调暗时，也会使用最慢的内存工作频率。

DIMM(Dual-Inline-Memory-Modules),即双列直插式存储模块。

一根内存条的单通道模式：



三根内存条的单通道模式：



内存双通道

隔行模式，Dual-channel (interleaved) mode

双通道这种模式提供了更高的内存吞吐量，并且当DIMM通道的内存容量相等时启用。当使用不同的速度时，使用的是最慢的内存时间。

双通道，就是在北桥（又称之为MCH）芯片级里设计两个内存控制器，这两个内存控制器可相互独立工作，每个控制器控制一个内存通道。在这两个内存通CPU可分别寻址、读取数据，从而使内存的带宽增加一倍，数据存取速度也相应增加一倍。

双通道体系的两个内存控制器是独立的、具备互补性的智能内存控制器，因此二者能实现彼此间零等待时间，同时运作。两个内存控制器的这种互补“天性”可让有效等待时间缩减50%，从而使内存的带宽翻倍。

双通道规则

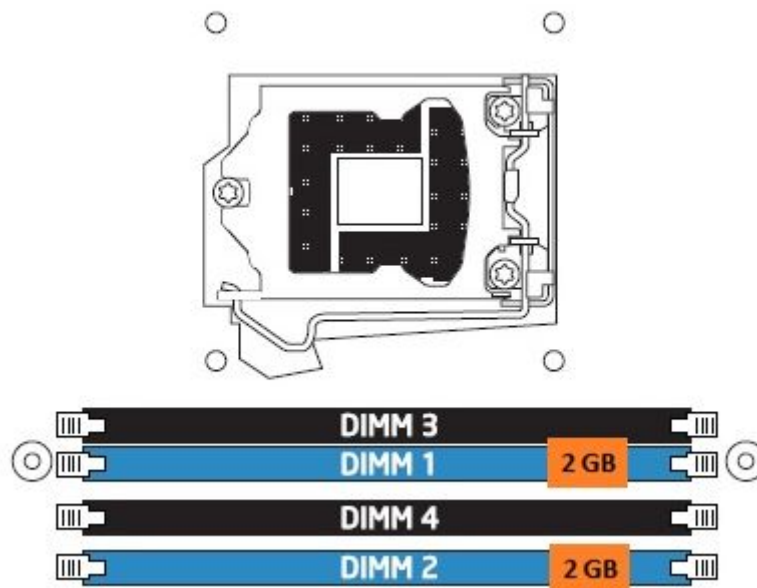
- 相同的内存大小。
- 相同的内存参数。
- 匹配的对称的内存插槽位置。

如果上述规则不满足，则会降档到单通道模式。

双通道，就是在北桥（又称之为MCH）芯片级里设计两个内存控制器，这两个内存控制器可相互独立工作，每个控制器控制一个内存通道。在这两个内存通CPU可分别寻址、读取数据，从而使内存的带宽增加一倍，数据存取速度也相应增加一倍。

双通道体系的两个内存控制器是独立的、具备互补性的智能内存控制器，因此二者能实现彼此间零等待时间，同时运作。两个内存控制器的这种互补“天性”可让有效等待时间缩减50%，从而使内存的带宽翻倍。

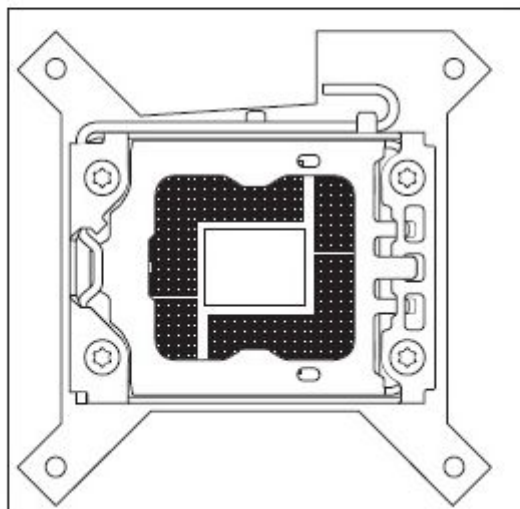
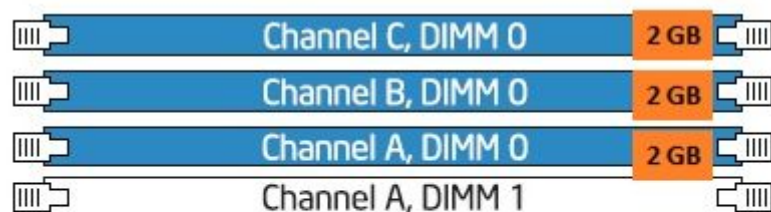
Dual-channel with two DIMMs



内存三通道

Triple-channel mode

通过连续访问DIMM内存，三通道交错可以减少总体的内存延迟。数据通过一个交互模式在内存模块中传播。



如上图当在三个蓝色内存插槽中安装了相同的匹配内存模块时，可以启用三通道模式。如果只有两个蓝色内存槽中填充了匹配的内存槽位，双通道模式就启用了。

内存四通道

Quad-channel mode

(双通道模式分析讲解)



.当4个(或4个倍数)的内存容量和速度上是相同的，并且被放置在四通道槽中，这个模式就启用了。当安装两个内存模块时，系统将以双通道模式运行。当安装三个内存模块时，系统将以三通道模式运行。



英特尔中国 V

7月22日 07:00 来自 微博 weibo.com

上周说到了构建双通道需要注意的两点： 英特尔中国 有粉丝问：只有两条完全相同的内存才能构建吗？4G+8G内存能否构成双通道？ 答案是肯定的，小编来说说原理：4G和“8G中的4G”构成双通道，而“8G中另外的4G”还是当单通道使用，即两条不同内存会以较小内存为准构成双通道，较大内存其余部分还是单通道 #发烧友时间# Get到今日知识点的来点[赞啊] 收起全文



知乎用户

不对称双通道的问题

随机性和不确定性

电脑CPU相关查看工具

<https://www.cpubid.com/>

CPU-Z

CPU

Caches

Mainboard

Memory

SPD

Graphics

Bench

About

Processor

Name

Intel Core i5 8300H

Code Name

Coffee Lake

Max TDP

45.0 W

Package

Socket 1440 FCBGA

Technology

14 nm

Core VID

1.178 V

Specification

Intel®Core™i5-8300H CPU @ 2.30GHz

Family

6

Model

E

Stepping

A

Ext. Family

6

Ext. Model

9E

Revision

U0

Instructions

MMX, SSE, SSE2, SSE3, SSSE3, SSE4.1, SSE4.2, EM64T, VT-x, AES, AVX, AVX2, FMA3

Clocks (Core #0)

Core Speed

3891.42 MHz

Multiplier

x 39.0 (8 - 40)

Bus Speed

99.78 MHz

Rated FSB

Cache

L1 Data

4 x 32 KBytes

8-way

L1 Inst.

4 x 32 KBytes

8-way

Level 2

4 x 256 KBytes

4-way

Level 3

8 MBytes

16-way

Selection

Socket #1

Cores

4

Threads

8

CPU-Z

Ver. 1.92.2.x64

Tools

Validate

Close

CPU-Z

CPU

Caches

Mainboard

Memory

SPD

Graphics

Bench

About

L1 D-Cache

Size

32 KBytes

x 4

Descriptor

8-way set associative, 64-byte line size

L1 I-Cache

Size

32 KBytes

x 4

Descriptor

8-way set associative, 64-byte line size

L2 Cache

Size

256 KBytes

x 4

Descriptor

4-way set associative, 64-byte line size

L3 Cache

Size

8 MBytes

Descriptor

16-way set associative, 64-byte line size

Size

Descriptor

Speed

CPU-Z

Ver. 1.92.2.x64

Tools

Validate

Close

CPU-Z

CPU

Caches

Mainboard

Memory

SPD

Graphics

Bench

About

General

Type

DDR4

Channel #

Single

Size

8 GBytes

DC Mode

NB Frequency

3592.1 MHz

Timings

DRAM Frequency

1329.8 MHz

FSB:DRAM

1:20

CAS# Latency (CL)

19.0 clocks

RAS# to CAS# Delay (tRCD)

19 clocks

RAS# Precharge (tRP)

19 clocks

Cycle Time (tRAS)

43 clocks

Row Refresh Cycle Time (tRFC)

467 clocks

Command Rate (CR)

2T

DRAM Idle Timer

Total CAS# (tRDRAM)

Row To Column (tRCD)

CPU-Z

Ver. 1.92.2.x64

Tools

Validate

Close

