

## 本节主题



# 主存技术的发展

北京大学·慕课  
计算机组成  
制作人：陆俊林



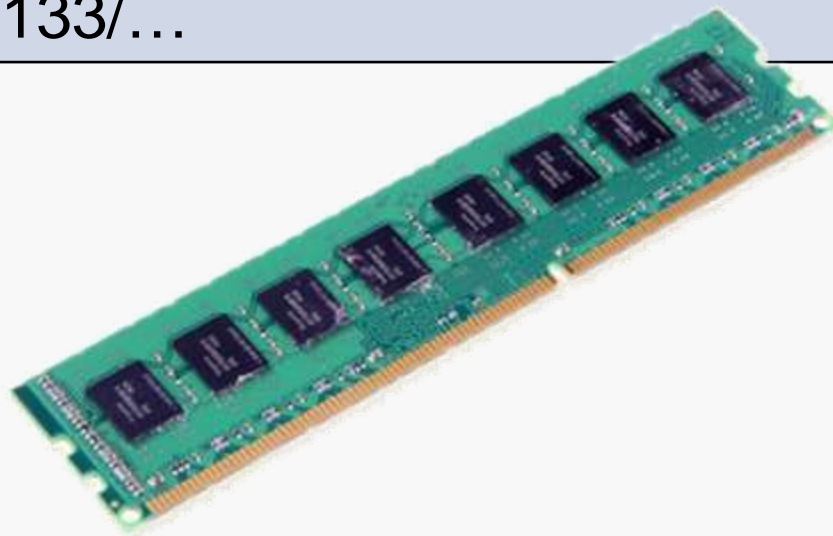
# SDRAM的典型规格

注：SDRAM，又称SDR SDRAM  
DDR SDRAM，又称DDR1 SDRAM

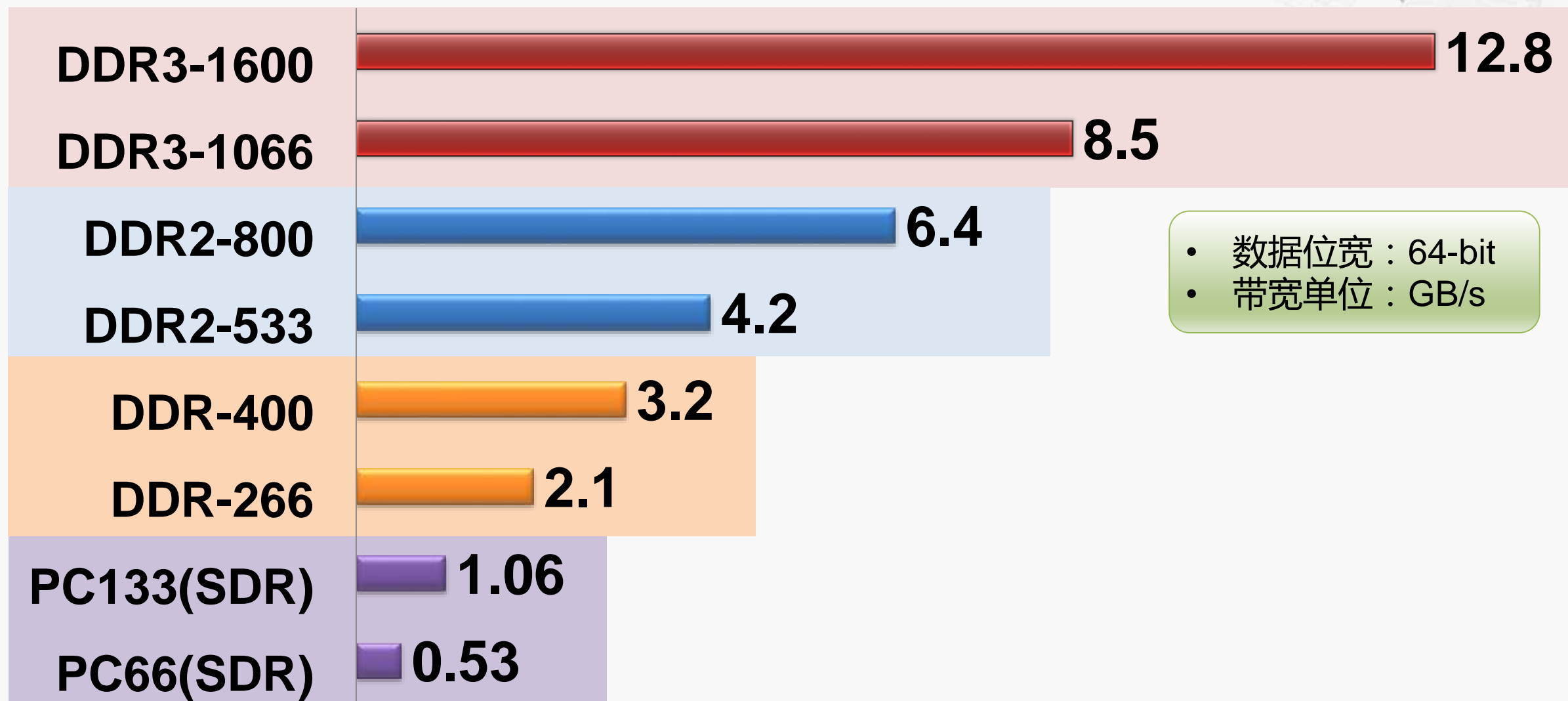
类型	典型规格（等效频率）	时间
SDRAM	PC66 / 100 / 133	1993年
DDR SDRAM	DDR-266 / 333 / 400	2000年
DDR2 SDRAM	DDR2-533 / 667 / 800	2003年
DDR3 SDRAM	DDR3-1066 / 1333 / 1600 / ...	2006年
DDR4 SDRAM	DDR4-2133/...	2013年

## 示例：DDR3-1600

- 等效时钟频率1600MHz
- 传输带宽12.8GB/s
  - $1600\text{MHz} \times 64\text{bit} \div 8$

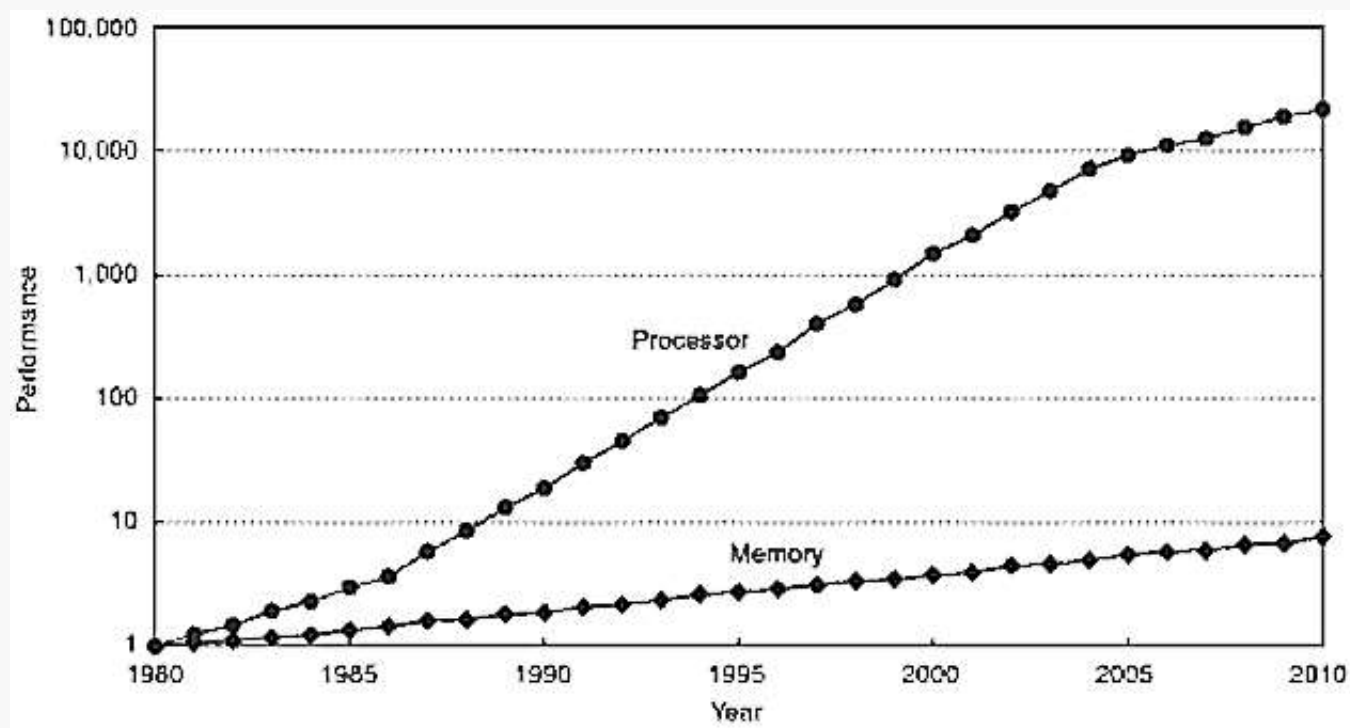


# SDRAM内存的带宽



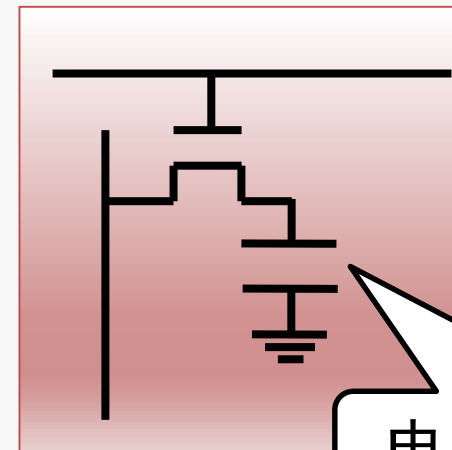
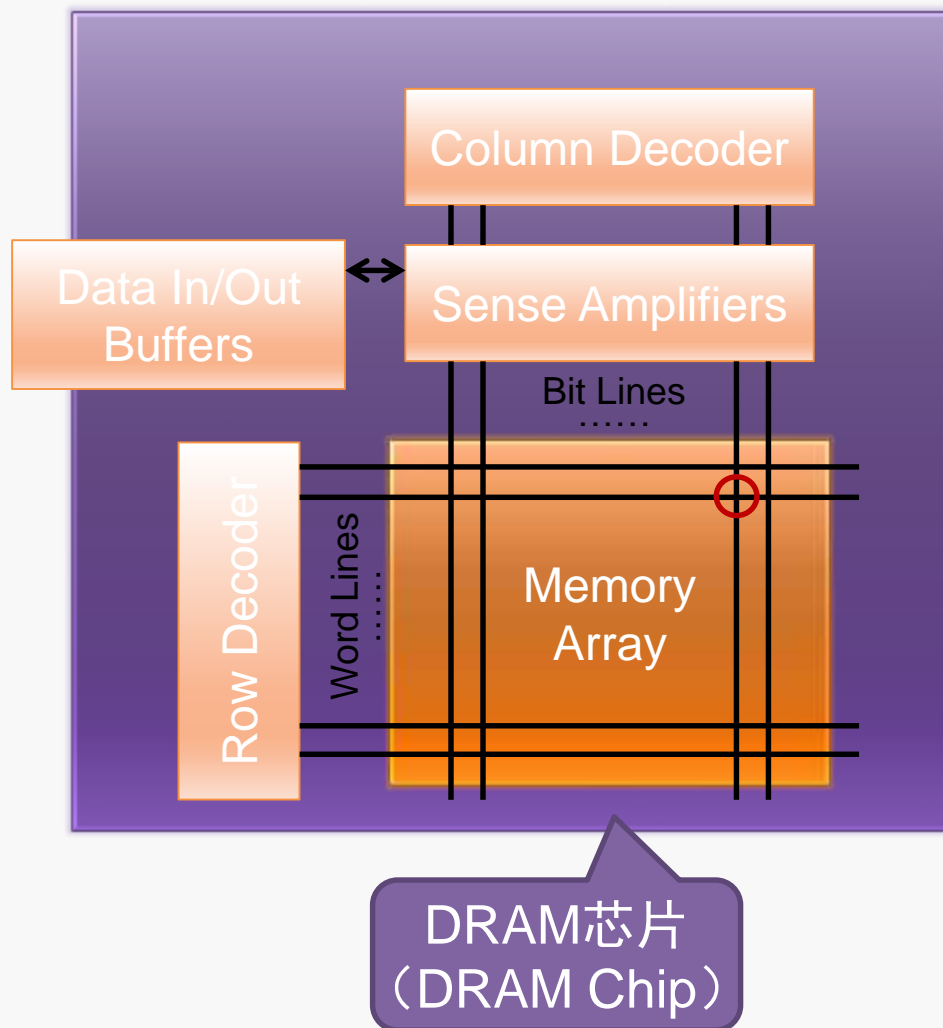
# 处理器与存储器的性能

- 30年来，处理器与存储器性能差距日益加大
  - 处理器性能增长超过10000倍
  - 存储器（DRAM）性能增长不到10倍



\*Computer Architecture A Quantitative Approach, 4th Edition

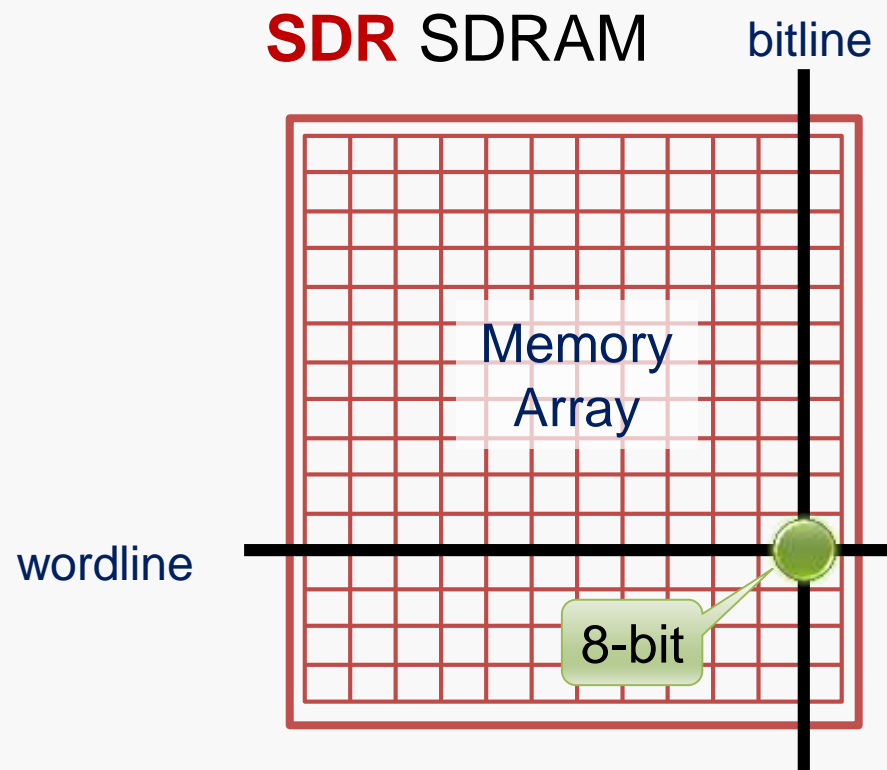
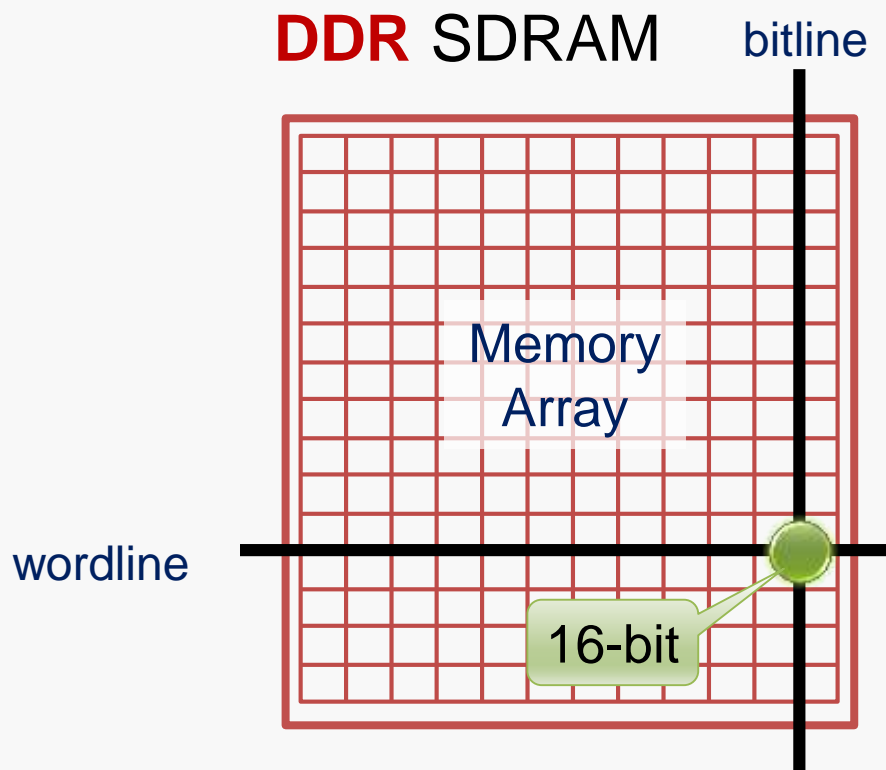
# 影响SDRAM性能的关键因素



内存模组  
(Memory Module)

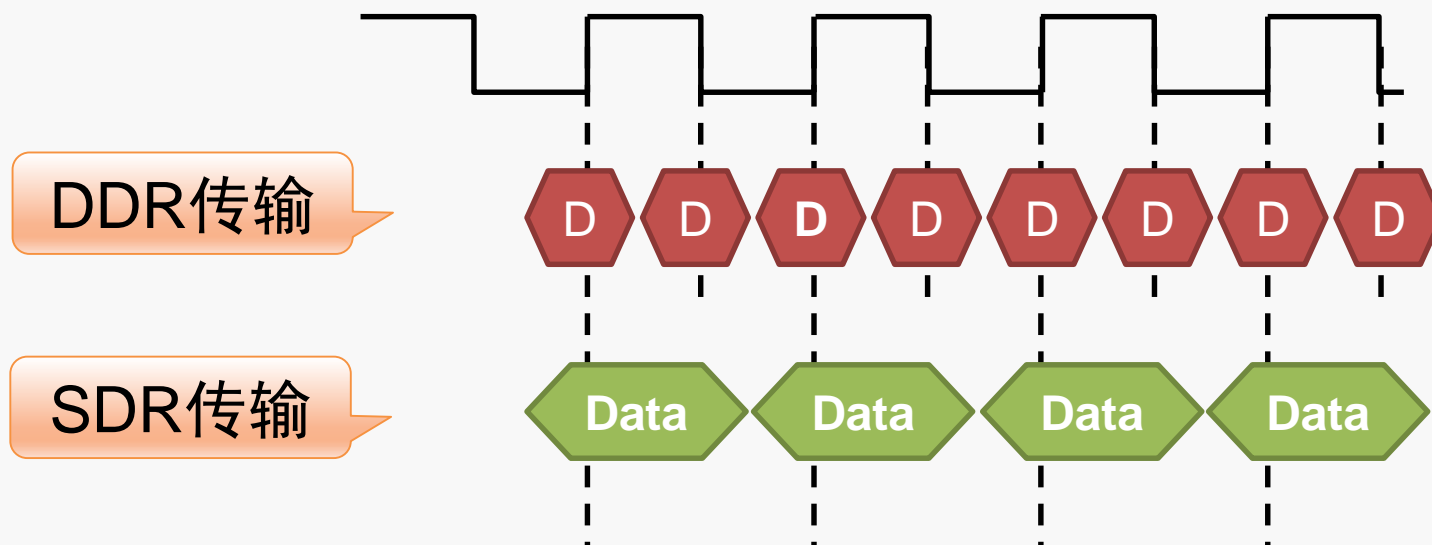
DRAM芯片  
(DRAM Chip)

# DDR与SDR SDRAM的对比

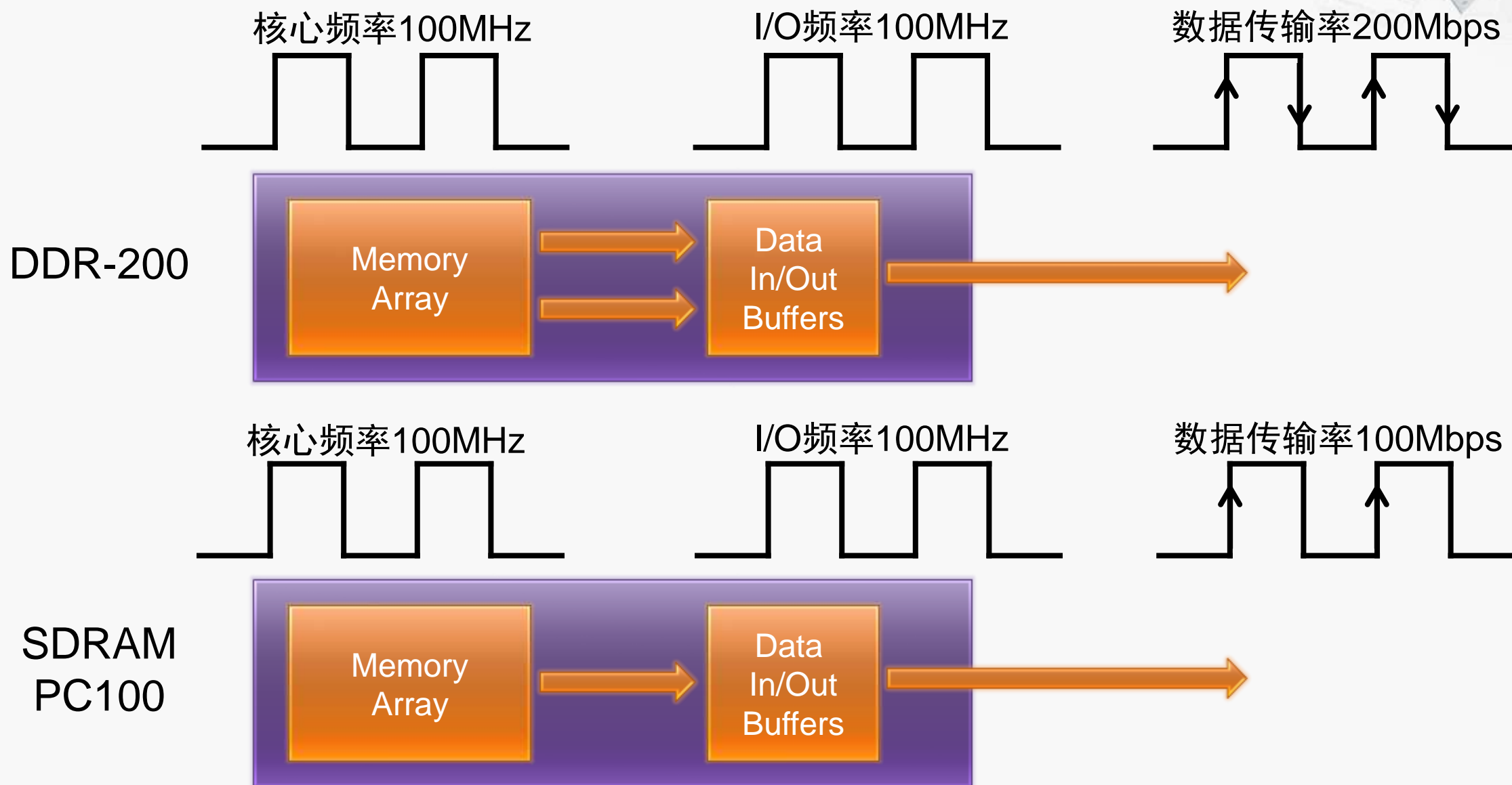


# DDR的基本概念

🔍 DDR : Double Data Rate



# DDR SDRAM的基本原理





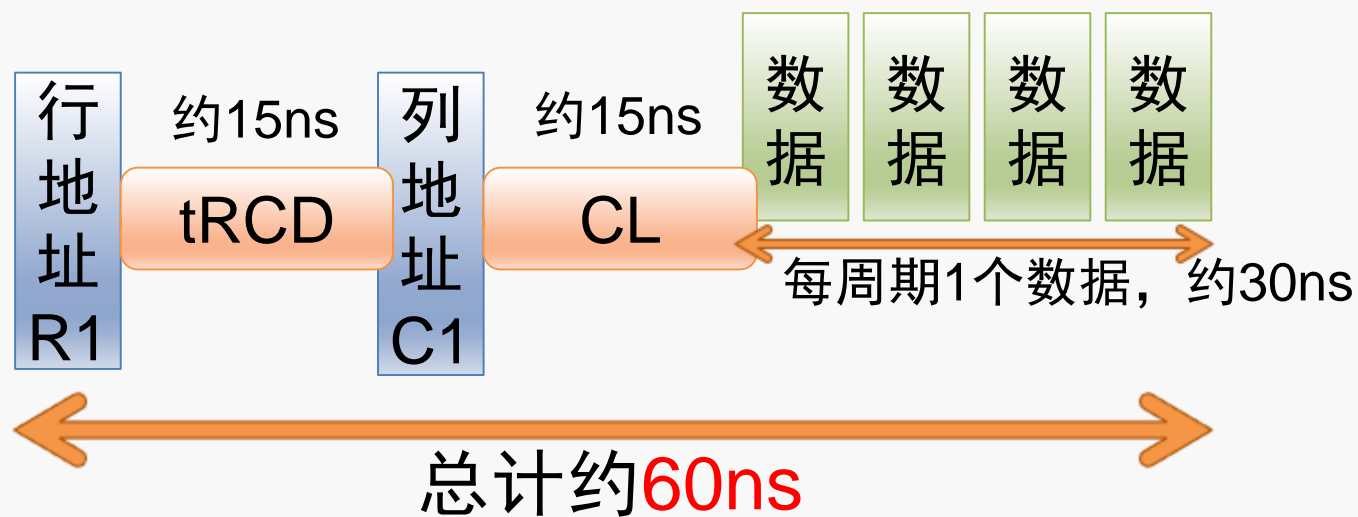


# SDRAM系列的频率和带宽

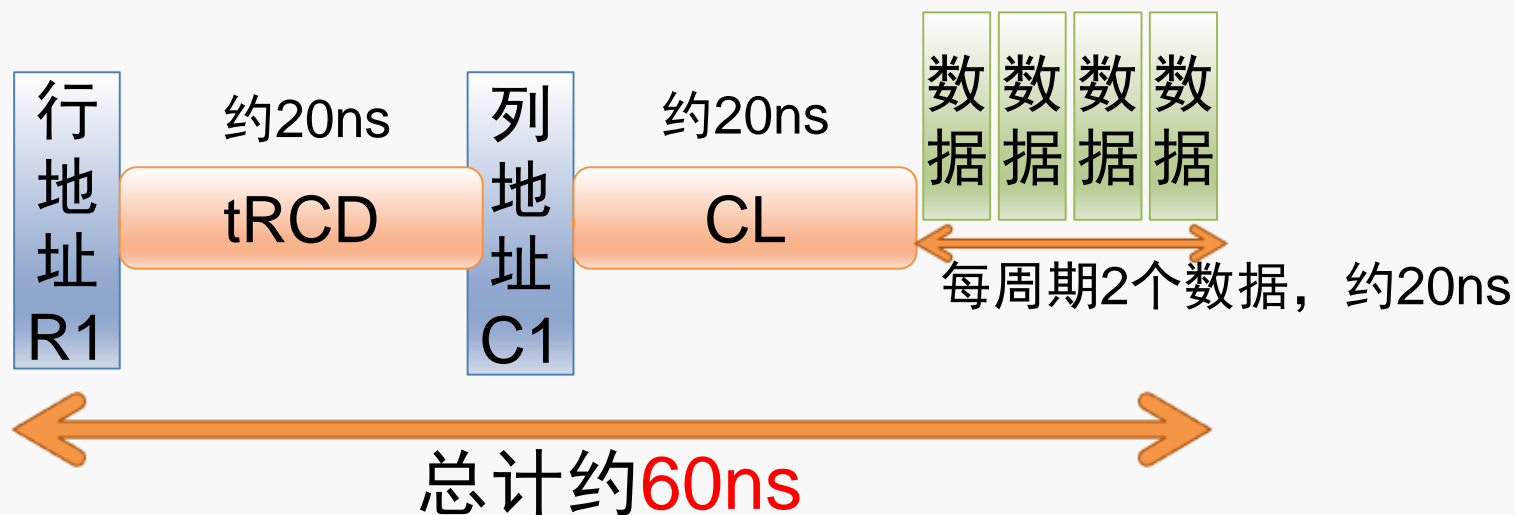
芯片标准	模组标准	核心频率	I/O频率	等效频率	带宽GB/s
PC66(SDR)	PC-66	66MHz	66MHz	66MHz	0.53
PC100(SDR)	PC-100	100MHz	100MHz	100MHz	0.80
PC133(SDR)	PC-133	133MHz	133MHz	133MHz	1.06
DDR-200	PC-2100	100MHz	100MHz	200MHz	1.6
DDR-266	PC-2100	133MHz	133MHz	266MHz	2.1
DDR-333	PC-2700	166MHz	166MHz	333MHz	2.7
DDR-400	PC-3200	200MHz	200MHz	400MHz	3.2

注：带宽按照位宽64-bit的内存模组计算

# SDR与DDR的性能对比（1）

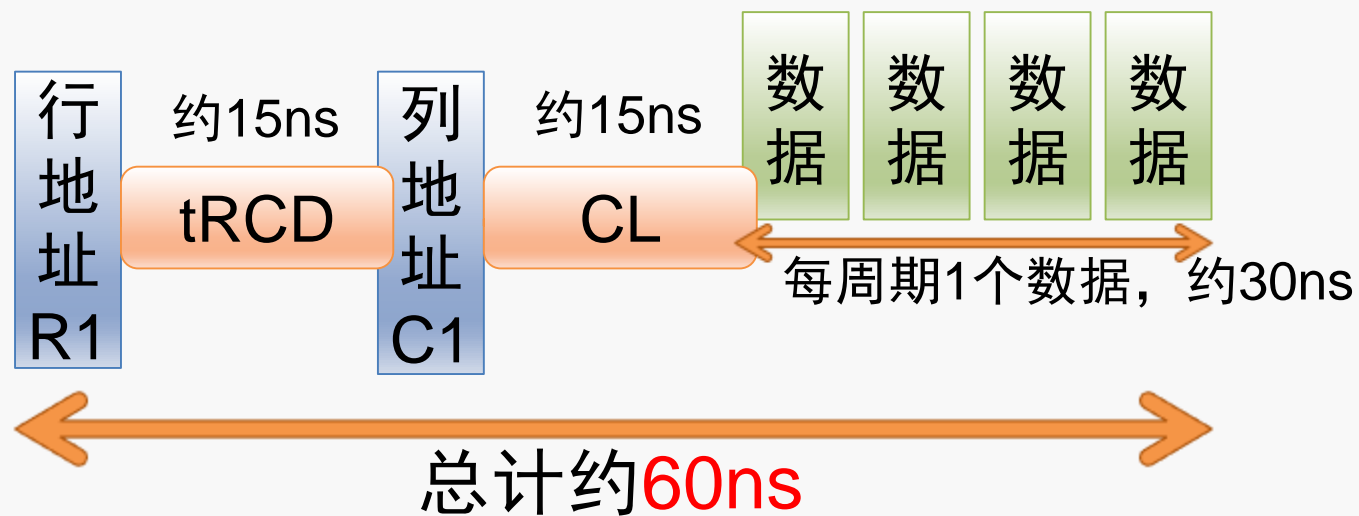


PC133  
核心频率133MHz  
等效频率133MHz  
带宽1.06GB/s

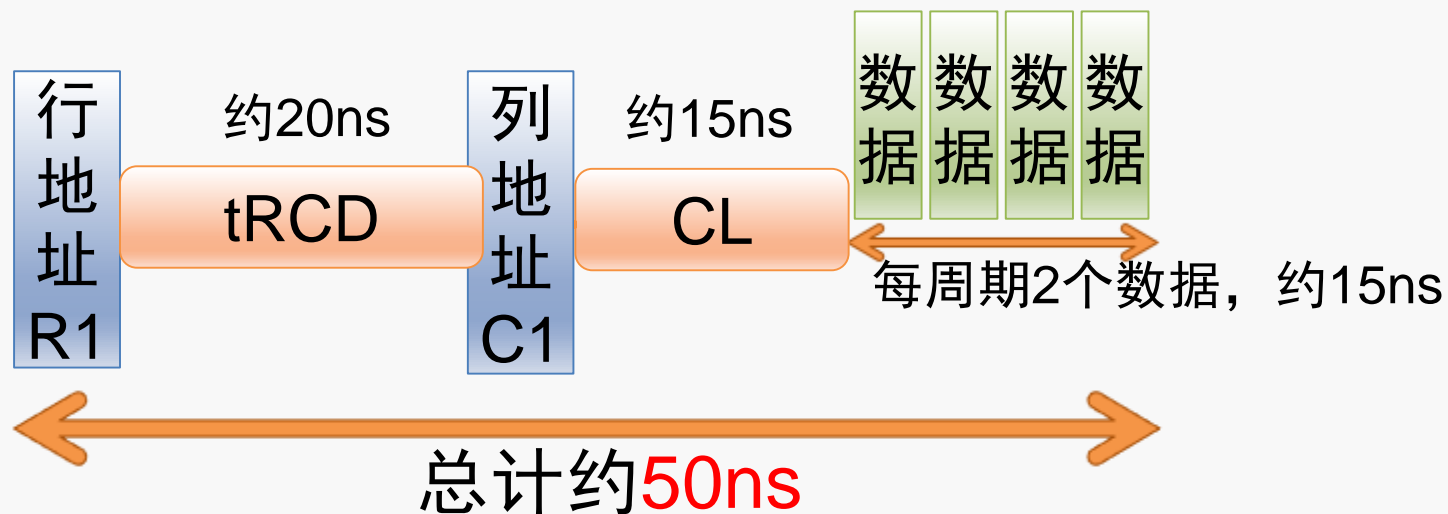


DDR200  
核心频率100MHz  
等效频率200MHz  
带宽1.6GB/s

# SDR与DDR的性能对比（2）



PC133  
核心频率133MHz  
等效频率133MHz  
带宽1.06GB/s

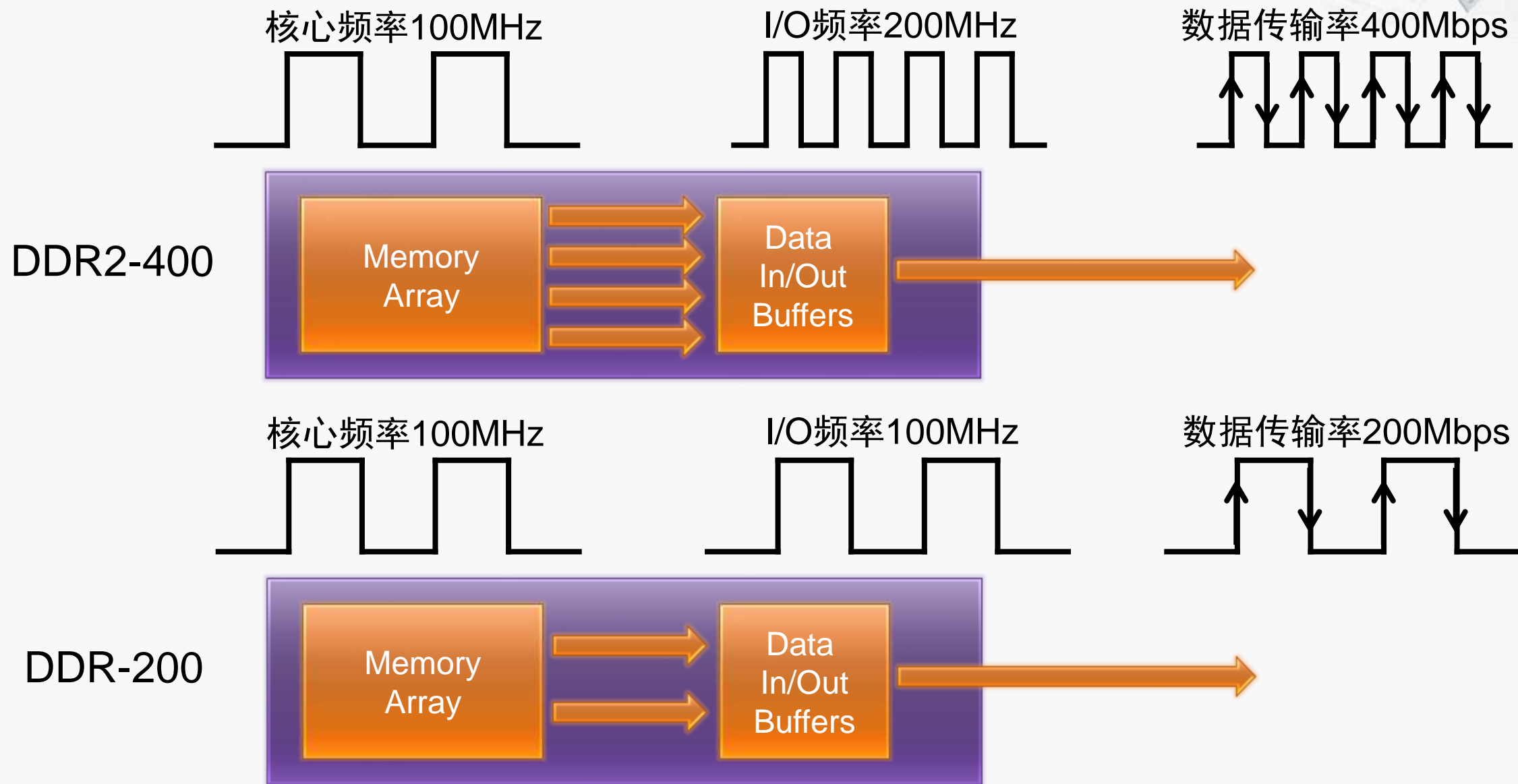


DDR266  
核心频率133MHz  
等效频率266MHz  
带宽2.1GB/s

# SDRAM系列的时序参数

芯片标准	tRCD min(ns)	tRCD max(ns)	CL min(cycle)	CL max(cycle)
PC66(SDR)	30	30	2 (30ns)	3
PC100(SDR)	20	30	2 (20ns)	3
PC133(SDR)	15	23	2 (15ns)	3
DDR-200	20	/	2 (20ns)	2.5
DDR-266	20	/	2 (15ns)	2.5
DDR-333	18	/	2 (12ns)	2.5
DDR-400	15	/	2 (10ns)	3

# DDR2 SDRAM的基本原理



# SDRAM系列的频率和带宽（DDR1→DDR2）

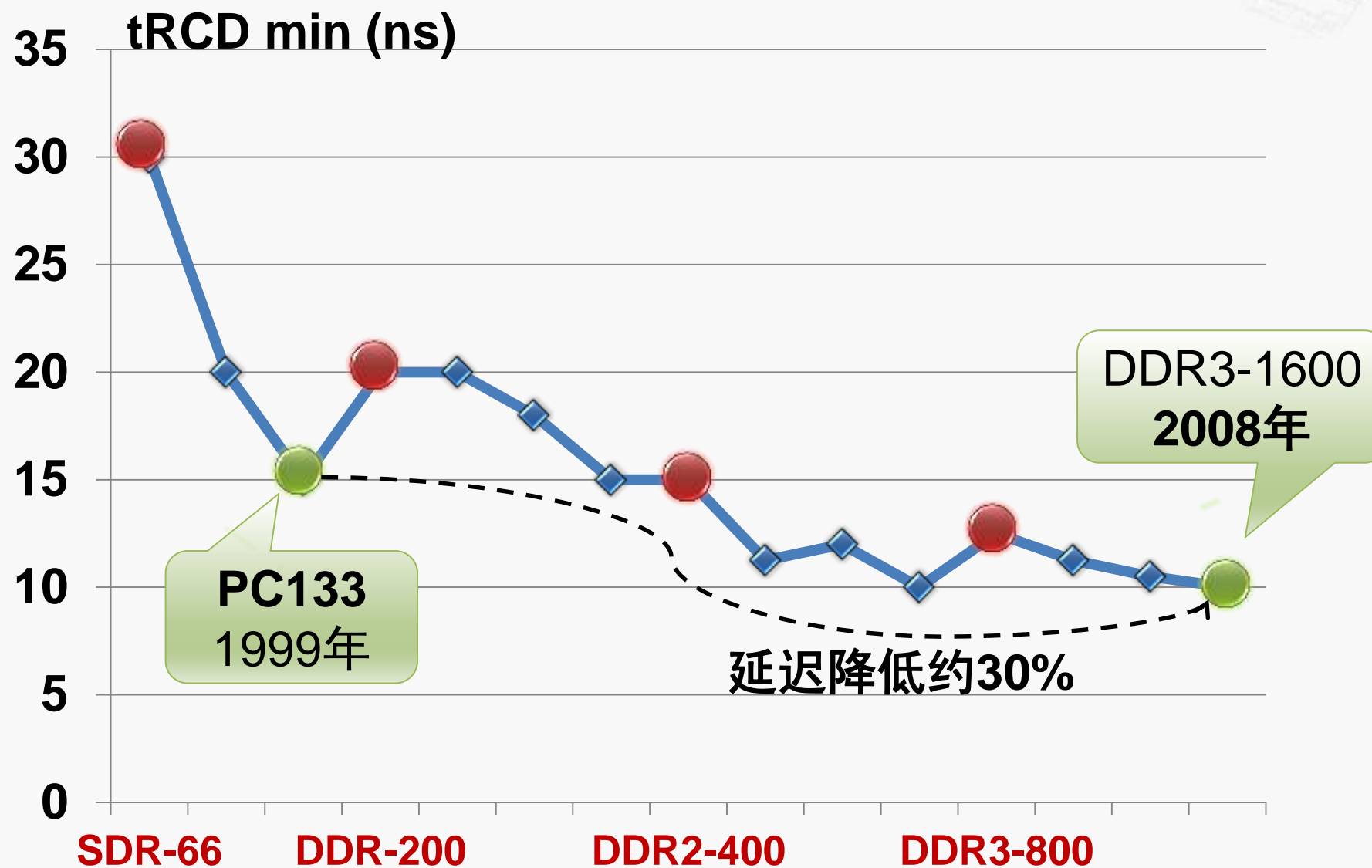
芯片标准	模组标准	核心频率	I/O频率	等效频率	带宽GB/s
DDR-200	PC-2100	100MHz	100MHz	200MHz	1.6
DDR-266	PC-2100	133MHz	133MHz	266MHz	2.1
DDR-333	PC-2700	166MHz	166MHz	333MHz	2.7
DDR-400	PC-3200	200MHz	200MHz	400MHz	3.2
DDR2-400	PC2-3200	100MHz	200MHz	400MHz	3.2
DDR2-533	PC2-4200	133MHz	266MHz	533MHz	4.2
DDR2-667	PC2-5300	166MHz	333MHz	667MHz	5.3
DDR2-800	PC2-6400	200MHz	400MHz	800MHz	6.4

注：带宽按照位宽64-bit的内存模组计算

# SDRAM系列的时序参数 ( DDR2→DDR3 )

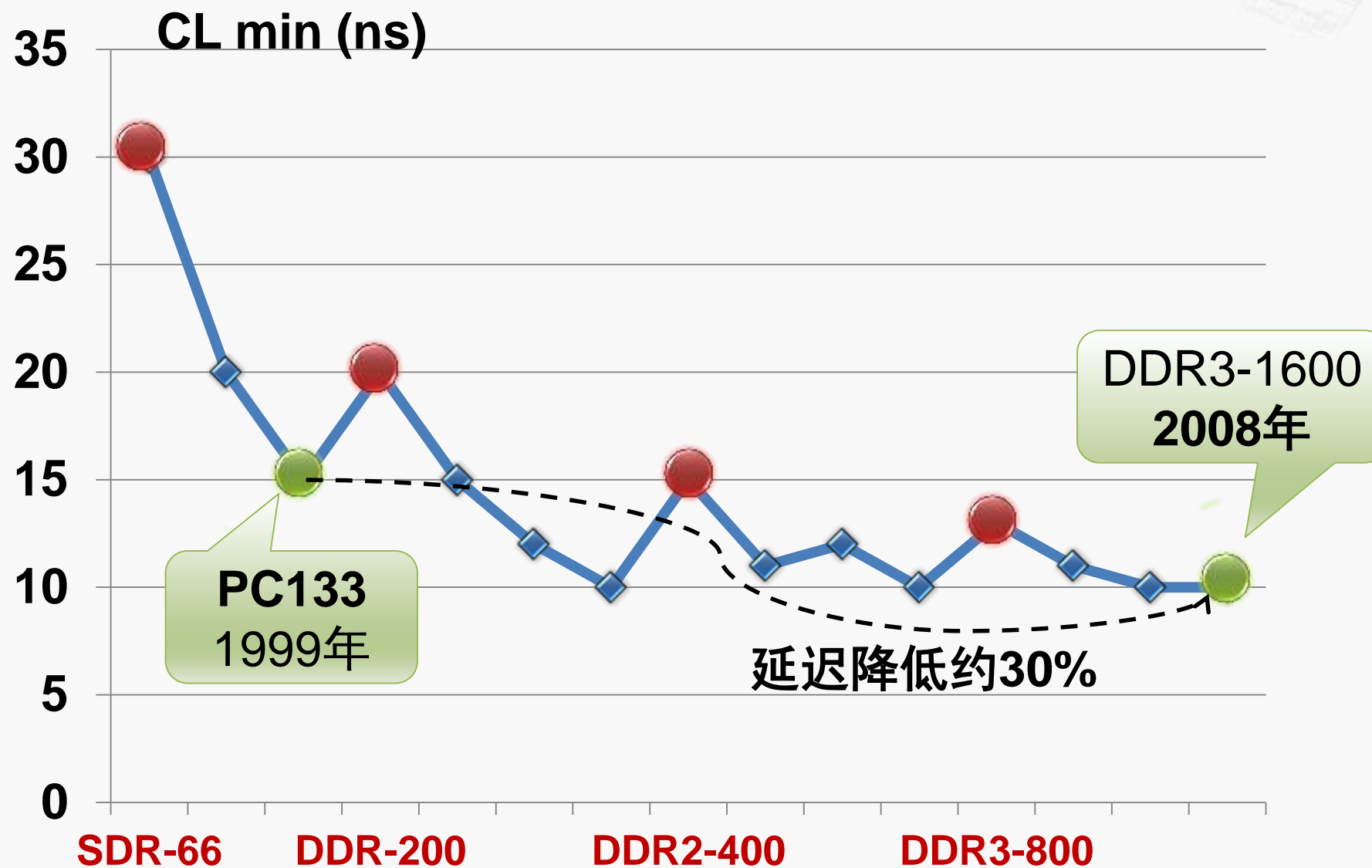
芯片标准	tRCD min(ns)	tRCD max(ns)	CL min(cycle)	CL max(cycle)
DDR2-400	15	20	3 (15ns)	4
DDR2-533	11.25	15	3 (11ns)	4
DDR2-667	12	15	4 (12ns)	5
DDR2-800	10	15	4 (10ns)	6
DDR3-800	12.5	15	5 (13ns)	6
DDR3-1066	11.25	15	6 (11ns)	8
DDR3-1333	10.5	15	7 (10ns)	10
DDR3-1600	10	13.75	8 (10ns)	11

# SDRAM时序参数tRCD



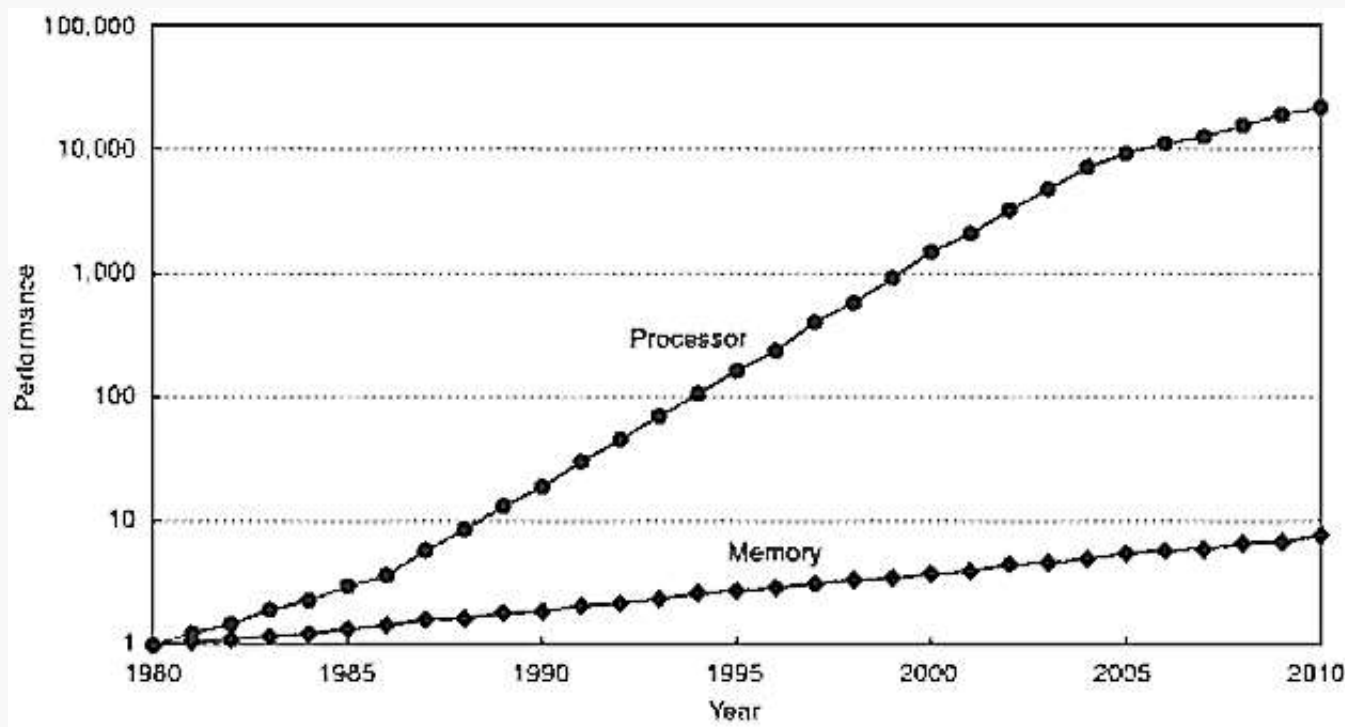


# SDRAM时序参数CL



# 处理器与存储器的性能

- 30年来，处理器与存储器性能差距日益加大
  - 处理器性能增长超过10000倍
  - 存储器（DRAM）性能增长不到10倍



\*Computer Architecture A Quantitative Approach, 4th Edition

## 本节小结



# 主存技术的发展

北京大学·慕课  
计算机组成  
制作人：陆俊林

