

SESIÓN DE LABORATORIO 7

Discos magnéticos

Objetivos

- Entender el funcionamiento y las características básicas de los discos magnéticos.
- Interpretar adecuadamente las especificaciones indicadas por el fabricante de un disco magnético.
- Adquirir experiencia en la consulta y manejo de la información aportada por los fabricantes de discos magnéticos a través de la Hoja de Especificaciones (Data Sheet) y los Manuales del Producto (Product Manual).
- Comprender y trabajar con los diferentes tipos de tiempos o latencias que intervienen en el acceso a la información de los discos magnéticos.
- Conocer las implicaciones prácticas de los parámetros de confiabilidad de los discos magnéticos que indican los fabricantes.

Desarrollo

En esta sesión de laboratorio se realizarán cálculos elementales relacionados con la geometría, el rendimiento y la confiabilidad del disco. Vamos a trabajar con un disco magnético del fabricante Seagate. Concretamente, analizaremos el modelo ST1000DM003 de la denominada serie Barracuda. Este modelo de disco tiene un factor de forma (Form Factor) de 3,5 pulgadas (recuerda que una pulgada equivale a 2,54 cm). Las dimensiones de la unidad de disco en mm son: 20,17 (alto), 101,6 (ancho) y 146,99 (largo).

Las siguientes imágenes muestran con detalle algunas de las partes de este disco, tanto del encapsulado exterior como del interior.

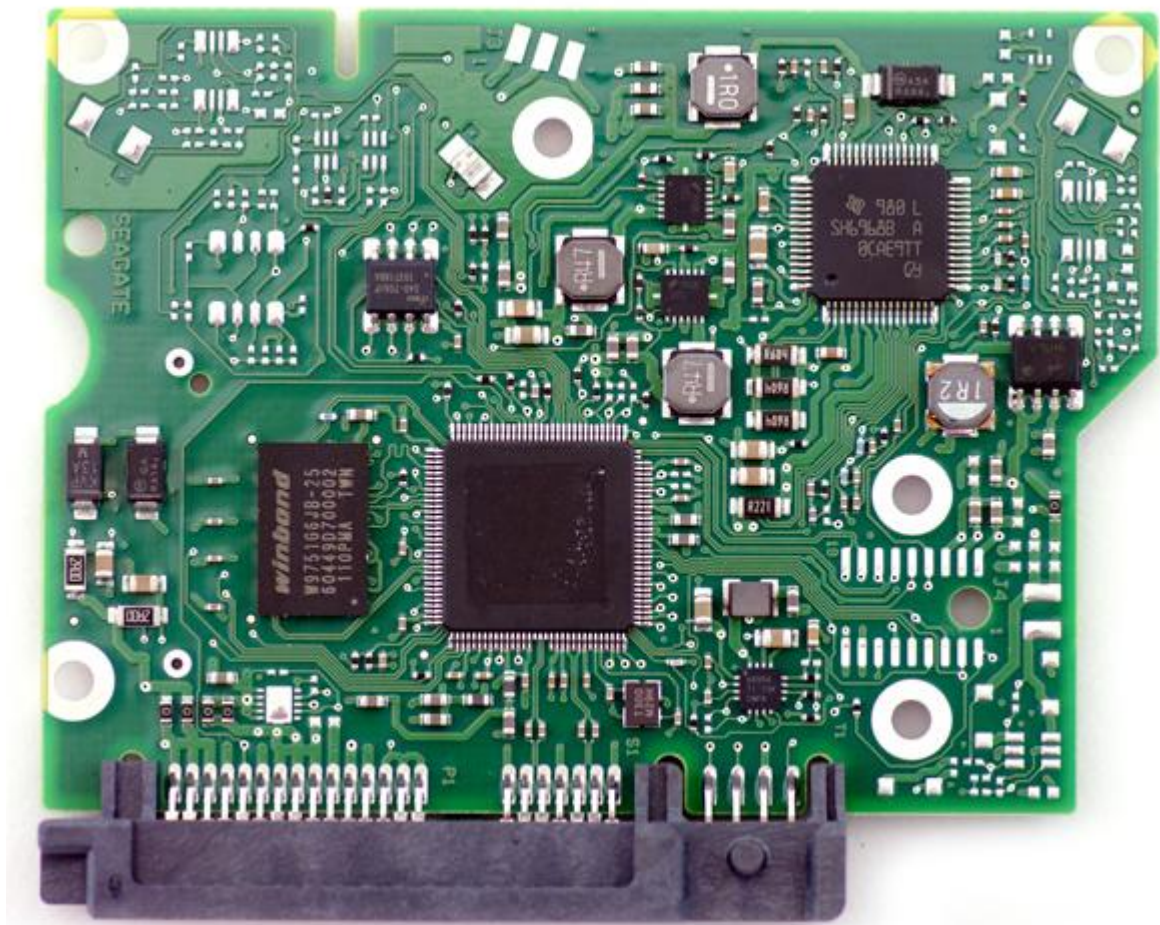


El fabricante presenta los discos Barracuda como discos de tipo Desktop HDD, es decir, según la información disponible han sido diseñados para formar parte de los sistemas de almacenamiento de distintos tipos de sistemas informáticos, como computadores personales, servidores y matrices de discos (RAID) de pequeño tamaño o sistemas NAS (Network Attached Storage).

A continuació podem veure el disc Seagate ST1000DM003 desensamblat. La imatge està tomada corresponent a la part inferior de la unitat, lloc on es troba la placa de circuit imprès que allotja tota la circuiteria de control del disc (PCB, Printed Circuit Board).



En la següent imatge veiem amb més detall els components que integren la placa de circuit imprès. Aquí podem apreciar els 64 MB de la memòria cache o, tal com es fa servir en el context dels discos, buffer (chip rectangular de l'esquerra) implementada amb memòria SDRAM DDR2 (800 MHz) Winbond W9751G6JB-25. Aquest tipus de tecnologia és similar a la utilitzada en els mòduls que integren la memòria principal d'un ordinador. En la part inferior de la placa podem veure els connectors per a alimentació i la interfície externa.



Para el desarrollo de esta sesión de laboratorio se debe consultar tanto la Hoja de Especificaciones ([Seagate Barracuda Data Sheet](#)) como el Manual del Producto ([Seagate Barracuda Product Manual](#)). Este último documento es la referencia completa del dispositivo, por lo que representa una fuente de información de especial importancia debido a la gran cantidad de detalles. Aquí está el Manual del Producto con más modelos de la misma serie: [Seagate Product Manual](#).

Parámetros básicos

Las cuestiones y problemas, siempre que no se indique lo contrario, se refieren al disco magnético Seagate Barracuda modelo ST1000DM003.

Peso

Considere un sistema de almacenamiento de un sistema informático de gran envergadura que contiene 500 discos. ¿Cuántos kg pesan todos estos discos?

400 gramos c/u
500 discos x 400 gramos = 200.000 gramos 200kg

Geometría física

Complete la tabla siguiente con datos relativos a la geometría física del disco magnético.

Seagate Barracuda ST1000DM003	
Capacidad nominal	1TB
Platos del disco	1
Cabezales por plato	2
Pistas por cilindro	2
Bytes por sector	4096 físico (512 vista)

Comparemos ahora nuestro modelo ST1000DM003 con el ST4000DM004. ¿Cuántos platos y cabezales por plato tiene este último modelo disco?

Seagate Barracuda ST4000DM004	
Capacidad nominal	4TB (4000GB)
Platos del disco	2
Cabezales por plato	4

Examine ahora la tabla de la página anterior. De acuerdo con la información que aporta el fabricante sobre las capacidades de los diferentes modelos y su geometría física, ¿qué relación se desprende entre la capacidad del disco y el número de platos que contiene?

A mayor capacidad nominal, mayor es el número de discos que posee.

Unidades de capacidad

La capacidad de nuestro disco, de acuerdo con la nomenclatura usada por el fabricante para indicar la capacidad nominal, ¿es exactamente 1 TB (terabyte, $T = 10^{12}$) o 1 TiB (tebibyte, $Ti = 2^{40}$)? Justifique su respuesta.

En la hoja de especificación indica 1TB (terabyte, $T = 10^{12}$)

Capacidad de almacenamiento

Indique el número exacto de sectores garantizados por el fabricante (Guaranteed Sectors) y su tamaño en bytes para este modelo de disco según se indica en el Manual del Producto. Teniendo en cuenta los valores de estos dos parámetros, ¿cuál es la capacidad exacta que garantiza el fabricante expresada en bytes? Estime la diferencia porcentual entre este valor y la capacidad nominal que indica el fabricante.

Guaranteed sectors = 1.953.525.168
Bytes per sector = 4096 físico (vista de 512)
Capacidad = $1.953.525.168 \times 512 = 1,0002 \times 10^{12}$ bytes = 1TB
 $0,0002 \times 100 = 0,02\%$

Relación entre coste y capacidad

Estime cuántos euros cuesta almacenar cada GB de información con este disco si su precio de mercado es de 60 €. Considere la capacidad nominal que indica el fabricante e Indique la respuesta en €/GB.

$1TB = 1000GB$
 $60€ / 1000GB = 0,06 €/GB$

Tecnología del buffer

Uno de los parámetros importantes de un disco magnético es el tamaño de la memoria o buffer. Esta memoria sirve como almacenamiento temporal de la información proveniente o dirigida a la superficie física de los platos, y en muchas ocasiones permite aplicar políticas de gestión para mejorar el rendimiento de la unidad.

¿Con qué tecnología de memoria se implementa el buffer del disco? ¿A qué frecuencia de reloj funciona? ¿Se trata de la misma tecnología de memoria RAM (Random Access Memory) que la utilizada en las memorias cache de los procesadores? Razone su respuesta.

Memoria SDRAM DDR2 a 800 MHZ

Si es la misma tecnología

Confiabilidad

Aparcamiento de los cabezales

Sabemos que en los discos duros los cabezales de lectura/escritura se mantienen a una cierta distancia de la superficie de los platos durante el modo de operación normal gracias al cojín de aire generado por la alta velocidad de giro. Sin embargo, cuando los platos dejan de girar, el cojín de aire desaparece y, si no se toman las debidas precauciones, los cabezales llegarían a tocar la superficie provocando daños irreparables y, consecuentemente, pérdidas de datos.

En vista de la información contenida en la Hoja de Especificaciones, indique para cada uno de los dos modelos de disco qué mecanismo se emplea para aparcar los cabezales.

Modelo de disco	Método de aparcamiento
ST1000DM003	Load/unload ---> Aparcamiento
ST320DM000	Contact ---> Pistas de aterrizaje

AFR y MTBF

El fabricante no aporta un valor concreto del AFR (Annualized Failure Rate) sino que se limita a decir que $AFR < 1\%$. Estime un valor mínimo del MTBF (Mean Time Between Failures) suponiendo que $AFR = 0,01$.

$$ARF = \text{Año} / \text{MTBF}$$

$$\text{MTBF} < \text{Año} / \text{ARF} \rightarrow \text{MTBF} < (365 \text{ días} \times 24\text{h}) / 0,01$$
$$\text{MTBF} < 876.000 \text{ horas}$$

Tasa máxima de transferencia anual

El fabricante de la unidad de disco establece un máximo para el volumen de información transferida en un año, suponiendo que el disco está operativo las 8760 horas. Si se sobrepasa este umbral, el valor del MTBF podría verse afectado, y por tanto, la confiabilidad del disco. ¿Cuál es este umbral?

< 55TB / Año

Errores irrecuperables de lectura

Imaginemos que necesitamos leer el contenido completo de un disco para hacer una copia exacta en otro disco idéntico. ¿Cuántos errores irrecuperables de lectura se estima que se pueden producir, por término medio, durante esta operación?

$1\text{TB} \times (1\text{error} / 10^{14}\text{ bits}) \times (8\text{bits} / 1\text{byte}) = 0,08\text{ errores}$

Se espera entre 0 y 1 errores

¿Cuántos errores de lectura se podrían producir si hubiera que hacer una copia de seguridad del contenido de 50 discos?

$50\text{ discos} \times 1\text{TB} \times (1\text{error} / 10^{14}\text{ bits}) \times (8\text{bits} / 1\text{byte}) = 4\text{ errores}$

Reposición de discos

En las especificaciones del disco referidas en el Manual del Producto no se encuentra ninguna referencia al valor del MTBF (Mean Time Between Failures), pero sí se indica un valor máximo del AFR (Annualized Failure Rate). ¿Cuál sería el número esperado de discos fallados en un sistema de almacenamiento integrado por 100 dispositivos al cabo del primer año de funcionamiento?

$\text{ARF} \times 100\text{ disp} = 1\% \times 100 = 1\text{ fallo}$

Estime ahora el número de discos fallados al cabo de 6 años de funcionamiento suponiendo que el AFR es 5 veces más grande en los primeros 3 meses de funcionamiento y, al cabo de 3 años, el AFR se duplica cada año.

$$100 \text{ disp} \times 0,01 \times ((5 \times 3/12) + 9/12 + 1 + 1 + 2 + 4 + 8) = 18 \text{ fallos}$$

Rendimiento

Velocidad de transferencia

Complete la información de la tabla siguiente con las velocidades de transferencia del disco. No olvide indicar las unidades y entender a qué refiere exactamente cada uno de los parámetros.

Máxima velocidad de transferencia sostenida (OD, Outer Diameter)	210 MB/s
Velocidad de transferencia media	156 MB/s
Máxima velocidad de transferencia externa	600 MB/s

Latencia media rotacional

Calcule la latencia rotacional del disco, esto es, el tiempo medio que tarda el disco en completar media vuelta (o media revolución). Exprese el resultado en milisegundos (ms).

$$\begin{aligned} 7200 \text{ RPM} &\text{ ----- } 60 \text{ seg} \\ 0,5 \text{ R} &\text{ ----- } x \\ x &= (0,5 \times 60 \text{ seg}) / 7200 \text{ RPM} \\ x &= 0,00416 \text{ seg} \\ x &= 4,16 \text{ ms} \end{aligned}$$

Tiempos de posicionamiento

Complete la tabla siguiente sobre los parámetros temporales del disco. No olvide indicar las unidades.

Tiempo medio de posicionamiento (lectura)	8,5 ms
Tiempo medio de posicionamiento (escritura)	9,5 ms

Tiempo de posicionamiento pista a pista	8,5 ms
---	--------

Lectura de un fichero pequeño

Estime el tiempo que se tardará en leer un fichero de 64 KiB. Suponga que todos los sectores que ocupa están ubicados en una única pista y la pista está situada en la parte más externa del plato. Distinga claramente entre el tiempo medio de posicionamiento, la latencia rotacional y el tiempo de transferencia. Para este volumen de datos a transferir, ¿qué componente de estos tres tiempos aparece como el más importante?

$64 \text{ KiB} = 64 \text{ KiB} / 512 \text{ bytes/sector} = 128 \text{ sectores de } 512 \text{ bytes}$
 $\text{seek} = 8,5 \text{ ms}$ $\text{latencia} = 4,16 \text{ ms}$ $\text{OD} = 210 \text{ MB/s}$
 $T_{\text{trans}} = 8,5 \text{ ms} + 4,16 \text{ ms} + (64 \times 2^{10} \text{ Byte} / 210 \text{ MB/s})$
 $T_{\text{trans}} = 8,5 \text{ ms} + 4,16 \text{ ms} + (64 \times 1024 \times 1000 \text{ ms} / 210 \times 10^6 \times 1 \text{ s})$
 $T_{\text{trans}} = 8,5 \text{ ms} + 4,16 \text{ ms} + 0,312 \text{ ms} = 12,97 \text{ ms}$

Repita el cálculo anterior suponiendo que todos los sectores del fichero de 64 KiB estuviesen repartidos de forma aleatoria en pistas distintas. ¿Qué conclusión se puede extraer?

El tiempo de lectura no cambia, pero para cada sector hay que esperar el tiempo de posicionamiento y la latencia rotacional.
 $128 \text{ sectores} \times (8,5 \text{ ms} + 4,16 \text{ ms} + (512 \text{ bytes} \times 1000 \text{ ms} / 210 \times 10^6 \text{ B/s}))$
 $128 \times (8,5 \text{ ms} + 4,16 \text{ ms} + 0,00244 \text{ ms}) = 1620,79 \text{ ms} \text{ ó } 1,62 \text{ s}$

Lectura de un fichero grande

En el apartado anterior hemos visto que cuando un fichero es pequeño los tiempos de posicionamiento y latencia son comparables al tiempo de transferencia. Además, es importante que, en un medio magnético, los sectores que ocupa el fichero estén distribuidos secuencialmente. Para ficheros de gran tamaño, es razonable pensar que el sistema operativo haya distribuido los sectores de forma secuencial; en consecuencia, podemos suponer que el tiempo de transferencia es mucho mayor que el tiempo inicial de posicionamiento y la latencia rotacional, por lo que estos últimos no se suelen tener en cuenta en el cálculo.

De acuerdo con el razonamiento anterior, estime el tiempo que el disco tarda en leer un fichero de 8 GiB.

$8 \text{ GiB} = 8 \times 2^{20} \text{ bytes} / 210 \times 10^6 \text{ bytes/s} = 16384 \text{ sectores}$

$$8 \times 2^{20} \text{ bytes} / 210 \times 10^6 \text{ bytes/s} = 0,0399 \text{ s} \text{ ó } 40 \text{ ms}$$

Gestión de la energía

Modos de consumo energético

Consulte la información referida en el Manual del Producto y averigüe qué indica cada uno de los cuatro estados o modos distintos en que puede estar operando el disco:

Active Mode	5,9W
Idle Mode	3,36W
Standby Mode	0,63W
Sleep Mode	0,63W

Coste del consumo energético

Supongamos que un sistema de almacenamiento de 500 discos forma parte de un sistema informático de tipo 7/24 donde los discos reparten su tiempo de este modo:

- 70% en funcionamiento (Operating Mode)
- 15% en estado ocioso (Idle)
- 25% en modo de bajo consumo (Standby Mode y Sleep Mode)

¿Cuánto se habrá pagado en esta instalación por el consumo eléctrico de los discos al cabo de un año de funcionamiento si cada kWh cuesta 0,18 €?

$$500 \text{ discos} \times 0,18 \text{ €/KWh} \times 168 \text{ h} \times (0,7 \times 5,9 \text{ W} + 0,15 \times 3,36 \text{ W} + 0,25 \times 0,63 \text{ W} \times 2)$$

$$500 \text{ discos} \times 0,18 \text{ €/KWh} \times 168 \text{ h} \times 4,949 \text{ W} \times (1 \text{ KW} / 1000 \text{ W}) = 74,83 \text{ €}$$