

Tarea-2-Tecnicas-de-fabricacion.pdf



irenecasrod



Arquitecturas Avanzadas de Procesadores



4º Grado en Ingeniería Informática



Escuela Politécnica Superior de Córdoba
Universidad de Córdoba



Que no te escriban poemas de amor
cuando terminen la carrera ➤➤➤➤➤➤➤

Smiley face icon
(a nosotros por
suerte nos pasa)

WUOLAH

La escuela de Ciberseguridad más grande del mundo.

La formación más completa y transversal que demanda el mercado.

Sabemos que es difícil definir tu futuro profesional
¿Te ayudamos?



UNIVERSIDAD DE CÓRDOBA

Dpto. Arquitectura de Computadores, Electrónica y
Tecnología Electrónica (ACEyTE)

GRADO DE INGENIERÍA INFORMÁTICA

ARQUITECTURAS AVANZADAS DE PROCESADORES

TECNOLOGÍA PARA CONSTRUIR PROCESADORES Y MEMORIAS

Tecnología de fabricación de microprocesadores y memorias.
¿Cómo influye su mejora en el rendimiento y en qué factores influye? ¿Cómo se fabrica un microprocesador?

Autor/es:
Irene Casares Rodríguez

Fecha: 18/10/2020



ÍNDICE DE CONTENIDOS

1.	¿QUÉ ES Y EN QUÉ SE BASA LA TECNOLOGÍA DE FABRICACIÓN DE MICROPROCESADORES Y MEMORIAS? []	3
1.1.	ARM y x86, camino de la convergencia.....	5
1.2.	14 nm, 12 nm, 7 nm y camino de los 5nm y 3 nm.....	6
2.	¿Cómo y en qué factores de rendimiento influye la mejora de la tecnología?	10
3.	¿Cómo se fabrica un microprocesador? []	11
3.1.	Diseño	11
3.2.	Plantilla y molde.....	12
3.3.	Fabricación	12
3.4.	Preparación	14
3.5.	Ensamblaje y pruebas	15
1	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	16

Que no te escriban poemas de amor cuando terminen la carrera

(a nosotros por suerte nos pasa)



Ayer a las 20:20

Oh Wuolah wuolitah
Tu que eres tan bonita

Siempre me has ayudado
Cuando por exámenes me he
agobiado

Llegó mi momento de despedirte
Tras años en los que has estado mi
lado.

Pero me voy a graduar.
Mañana mi diploma y título he de
pagar

No si antes decirte
Lo mucho que te voy a recordar



Envía un mensaje...



WUOLAH

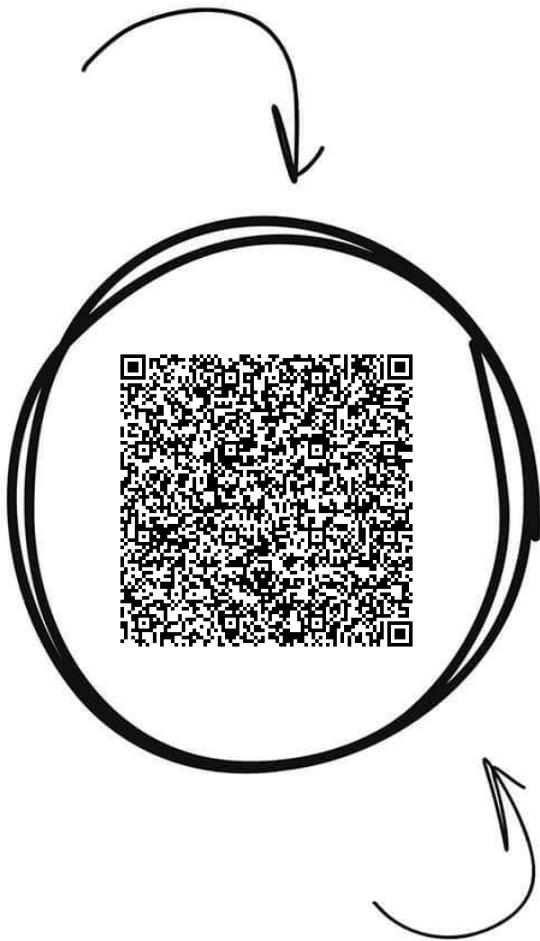


Arquitecturas Avanzadas de P...



Comparte estos flyers en tu clase y consigue más dinero y recompensas

- 1 Imprime esta hoja
- 2 Recorta por la mitad
- 3 Coloca en un lugar visible para que tus compis puedan escanear y acceder a apuntes
- 4 Llévate dinero por cada descarga de los documentos descargados a través de tu QR



Banco de apuntes de la



ÍNDICE DE FIGURAS

<i>Ilustración 1 - Obleas de silicio</i>	3
<i>Ilustración 2 - Aparición de las tecnologías de fabricación</i>	7
<i>Ilustración 3- Comparación de la densidad de transistores</i>	8
<i>Ilustración 4 – FinFET</i>	9
<i>Ilustración 5 - Fabricación de un microprocesador</i>	11
<i>Ilustración 6 - Mask Operations</i>	12
<i>Ilustración 7 - Creación de obleas de silicio</i>	13
<i>Ilustración 8 – Fotolitografía</i>	13
<i>Ilustración 9 - Cortar chips</i>	14
<i>Ilustración 10 - Chips cortados</i>	14
<i>Ilustración 11 – Ensamblaje</i>	15

1. ¿QUÉ ES Y EN QUÉ SE BASA LA TECNOLOGÍA DE FABRICACIÓN DE MICROPROCESADORES Y MEMORIAS? ^[1]

La tecnología de fabricación de los transistores de los que se componen los procesadores, las memorias y otros chips y componentes electrónicos con los que convivimos habitualmente, como los chipsets o los FPGAs, es una de las variables que se asocian directamente con el buen funcionamiento de los dispositivos que los integran.

El consumo, la velocidad, el número de núcleos que se pueden integrar y hasta el precio son variables que dependen en gran medida del tamaño de los transistores. Hablamos de miles de millones de ellos en un chip que es apenas del tamaño de una uña. Esos chips provienen de obleas, generalmente de 300 mm. de diámetro, donde se “litografían” cientos de ellos. Estas obleas son extremadamente caras, con precios que se mueven en miles de dólares por oblea. A más chips, menos cuesta cada uno.

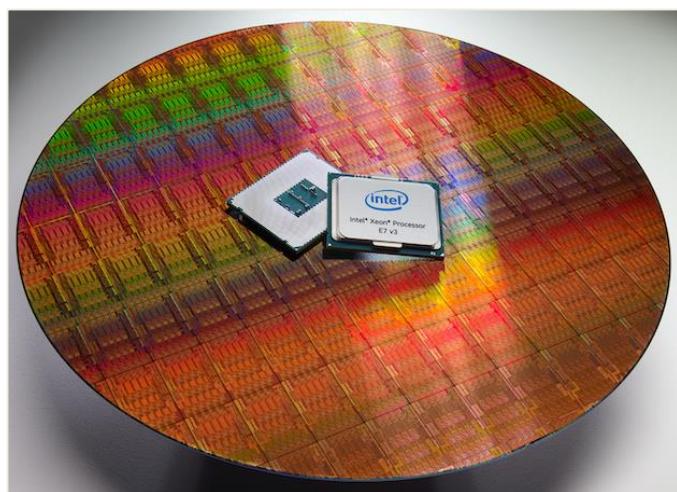


Ilustración 1 - Obleas de silicio

¹ <https://www.noticias3d.com/articulo.asp?idarticulo=3004>

Que no te escriban poemas de amor
cuando terminen la carrera ➤➤➤➤➤



WUOLAH

(a nosotros por suerte nos pasa)

No si antes decíte
Lo mucho que te voy a recordar

Pero me voy a graduar.
Mañana mi diploma y título he de
pagar

Llegó mi momento de despedirme
Tras años en los que has estado mi
lado.

Siempre me has ayudado
Cuando por exámenes me he
agobiado

Oh Wuolah wuolah!
Tu que eres tan bonita

Tecnología para construir procesadores y memorias

Además, la tecnología de fabricación tiene que ser de **extrema precisión**: hablamos de miles de millones de transistores que tienen que ser perfectos. Si alguno falla o está mal “litografiado”, el procesador no podrá usarse o fallará. Y las máquinas que se encargan de litografiar las obleas tienen que ser de una precisión excepcional y con precios de millones de dólares. Por no hablar del coste de los procesos de I+D que se llevan a cabo para “inventarlas”. Pasar de una generación de transistores a otra, en ocasiones precisa de máquinas litográficas completamente nuevas.

La otra variable de la que depende el buen hacer de los procesadores y los chips es la arquitectura. Esto es, la forma en la que cada fabricante organiza los transistores para que sean capaces de realizar de la forma más eficiente y óptima las operaciones binarias lógicas en las que se basa el funcionamiento de los ordenadores, los móviles, las tarjetas gráficas o los módem de comunicaciones, por poner algunos ejemplos.

Básicamente, hoy en día convivimos con varios tipos de arquitecturas principales: la arquitectura x86, la arquitectura ARM, RISC, VLIW (empleada básicamente en súper ordenadores o en iniciativas como la de Transmeta en 1995), y las arquitecturas gráficas DirectX u OpenGL. A su vez, cada fabricante de chips puede realizar variaciones en la arquitectura, siempre y cuando sea compatible con los juegos de instrucciones x86, ARM o las diferentes arquitecturas gráficas. Es decir, siempre y cuando un sistema operativo x86 y sus aplicaciones puedan ejecutarse correctamente sobre un procesador x86, la forma de hacerlo no importa y está sujeta a lo que, por ejemplo, Intel o AMD sean capaces de innovar y perfeccionar.

La métrica para evaluar las diferencias entre variantes para una misma arquitectura es la del IPC o instrucciones por ciclo de reloj que pueden procesarse en una determinada arquitectura. A mayor IPC,

mejor rendimiento. Para un mismo IPC, el procesador que tenga mayor frecuencia tendrá mejor rendimiento. Ahí es donde la tecnología de fabricación entra en juego, sin más que tener en cuenta que, a tecnologías de fabricación más eficientes, mayores velocidades de reloj pueden usarse.

Por otro lado, a menor tamaño de los transistores, menos superficie ocuparán en las obleas los chips. Además de ser posible integrar más núcleos o más unidades de ejecución para la GPU, o llevar elementos adicionales hacia el procesador, también se consigue que de una oblea se obtengan más chips, lo cual contribuye a abaratar el coste de estos.

1.1. ARM y x86, camino de la convergencia

Con la llegada de los dispositivos móviles, llegó también ARM. Hace más de una década, cuando empezaron a llegar los móviles capaces de ejecutar aplicaciones, se hizo necesario usar procesadores de bajo consumo. Obviamente, los procesadores Intel o AMD no eran capaces de adaptarse a los requisitos de los teléfonos, así que se usaron chips menos potentes, pero con un consumo menor.

ARM fue mejorando en rendimiento para un consumo compatible con las demandas de los smartphones, mientras que los procesadores x86 fueron reduciendo el consumo manteniendo un nivel de rendimiento digno. Con todo, a pesar de que Intel trató de llevar sus procesadores a los smartphones durante algunos años, fue incapaz de hacer que la idea cuajara. Básicamente, porque ARM consiguió que el rendimiento de su arquitectura fuera mejor que la x86 dentro de los márgenes de consumo energético exigidos por los terminales móviles.

Ahora es ARM la que amenaza a Intel y a AMD con dar el salto a los portátiles como sustituta de la arquitectura x86. Al menos para los portátiles delgados y ligeros. No es algo que vaya a suceder de un

día para otro. Queda la parte más complicada, que es migrar todo el ecosistema Windows a una arquitectura diferente a la x86, lo cual no es tan sencillo como recomilar el código fuente para obtener binarios compatibles con ARM. Ya se intentó con los portátiles Always Connected o el Microsoft Surface Pro X con su procesador Microsoft SQ1 ARM y la GPU SQ1 Adreno 685. Es, en realidad, un Qualcomm 8cx tuneado con un TDP de entre 7W y 15W. Y el resultado no es ni mucho menos el ideal.

Intel cuenta con procesadores de 5,5W - 9W para portátiles como propuesta con un consumo más reducido. De momento, parece que ni ARM es capaz de rendir bien al “subir” de peldaño desde los móviles a los portátiles, ni x86 es capaz de rendir bien al “bajar” el peldaño hacia dispositivos con consumos reducidos.

1.2. 14 nm, 12 nm, 7 nm y camino de los 5nm y 3 nm

En la actualidad, convivimos con diferentes tecnologías de fabricación. Intel está aún en el nodo de 14 nm para la práctica totalidad de los procesadores que está comercializando. Eso sí, optimizado al máximo. Incluso el novísimo Core i9-10980HK de décima generación emplea el nodo de 14 nm++, que es la tercera iteración de una tecnología que debutó en 2014.

Intel emplea la tecnología de 10 nm para los procesadores SkyLake, pero es un nodo que está siendo problemático para esta compañía y ya se baraja la posibilidad de que siga empleándose marginalmente hasta que se dé el salto a los 7nm, que “adelantará por la derecha” a los 10 nm, que han resultado ser un fiasco para Intel. Con todo, se defiende bien (de momento) gracias sobre todo a la inercia del segmento de los centros de datos, y al retraso que AMD introduce en la llegada de nuevas arquitecturas al segmento de los portátiles, donde Zen 2 empieza a llegar ahora, meses después de su llegada a los procesadores de sobremesa.

Tecnología	Año
10 µm	1971
6 µm	1974
3 µm	1977
1.5 µm	1981
1 µm	1984
800 nm	1987
600 nm	1990
350 nm	1993
250 nm	1996
180 nm	1999
130 nm	2001
90 nm	2003
65 nm	2005
45 nm	2007
32 nm	2009
22 nm	2012
14 nm	2014
10 nm	2016
7 nm	2018
5 nm	~2020
3 nm	~2022

Ilustración 2 - Aparición de las tecnologías de fabricación

Pasar de una tecnología de fabricación a otra es un proceso complejo. Estamos hablando de nanómetros y miles de millones de transistores por procesador, con cientos de procesadores en cada oblea. Incluso para un mismo proceso de fabricación se pasa por etapas de optimización donde se consiguen densidades de transistores paulatinamente mayores, que permiten optimizar la estructura y organización de los procesadores. Es la razón por la que Intel, aún sin salir de los 14 nm, ha conseguido procesadores con más núcleos, más eficientes y capaces de manejar frecuencias de reloj más elevadas.

La escuela de Ciberseguridad más grande del mundo.

La formación más completa y transversal que demanda el mercado.

Sabemos que es difícil definir tu futuro profesional
¿Te ayudamos?

Tecnología para construir procesadores y memorias

La **densidad de transistores** indica cuán optimizado está un proceso de fabricación. Así, Intel consigue densidades con 14 nm+++ comparables a los 12 nm de TSMC, por ejemplo, aunque inferiores a las que se obtienen con 7 nm.

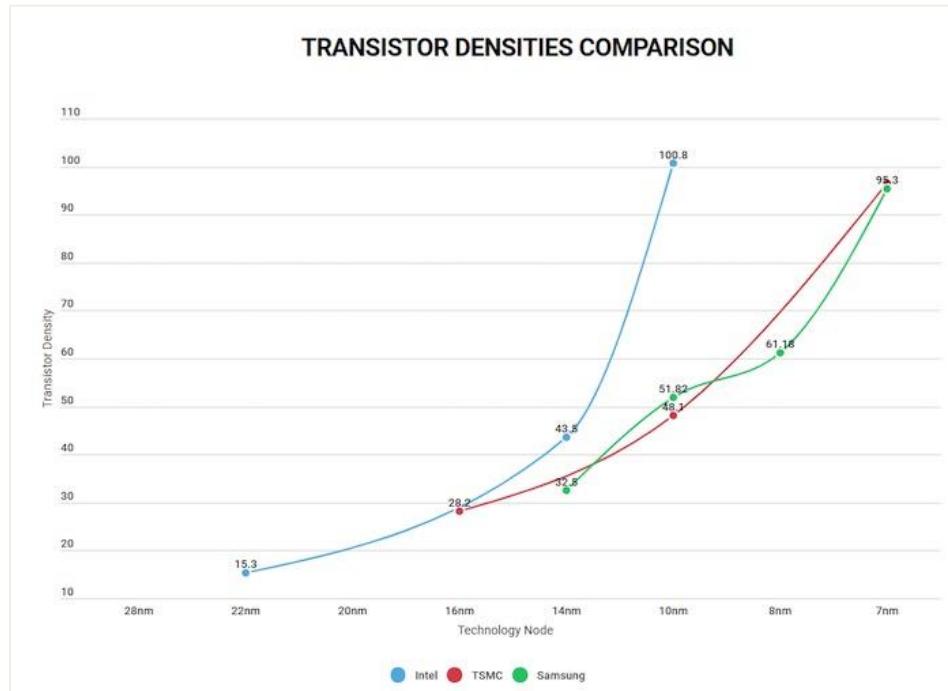


Ilustración 3- Comparación de la densidad de transistores

El salto que se ha dado con los 7 nm es, a partir de la segunda iteración, el del uso de la **técnica litográfica EUV o Extreme Ultra Violet**. Al usar rayos ultravioleta se consigue simplificar el proceso de " impresión" de los circuitos en las obleas, pero se ha complicado el proceso de obtención de los rayos ultravioleta.

Por debajo de 7 nm aparece otra complicación: la de cómo diseñar transistores que sean capaces de dejar pasar o no a los electrones que definen el comportamiento de las puertas lógicas o las unidades de ejecución o las memorias caché. Con los 22 nm se pasó al uso de los **FinFET**, que añadían una "tercera" dimensión a los transistores que hasta entonces eran planos básicamente. Con los 5



nm y 3 nm habrá que volver a cambiar la geometría de los transistores para que haya un soporte físico suficiente como para transportar electrones sin que se produzcan efectos como la **electromigración**, el **quantum tunnelling** o la **destrucción de las estructuras del silicio** si la corriente aumenta por encima de ciertos límites.

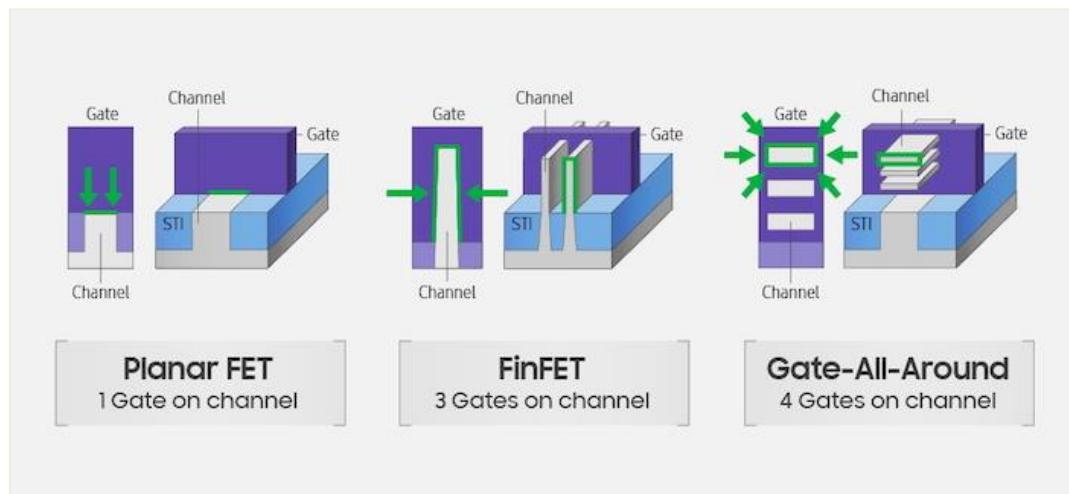


Ilustración 4 – FinFET

Se creía que los 5 nm serían el final de los transistores tal y como los conocemos, pero los 3 nm ya están en la hoja de ruta para el año 2022. Incluso se habla ya de 1,4 nm en la hoja de ruta de Intel. Y todo gracias a la evolución de **FinFET**: gate-all-around, o **GAAFET**, una técnica empleada por IBM en 2017 para desarrollar transistores de 5 nm. Samsung también la emplea, así como la **MBCFET**, una versión “planar” de GAAFET.

Con todo, por debajo de 3 nm la fabricación de chips se complica. Habrá que ver qué estrategias se siguen para continuar escenificando la Ley de Moore, al menos en la parte del número de transistores. En la parte del rendimiento la progresión es menos exponencial e incluso le cuesta mantener una clara linealidad.

2. ¿Cómo y en qué factores de rendimiento influye la mejora de la tecnología?

Conforme va mejorando la tecnología se tiende a disminuir el tamaño de todos los componentes, entre ellos, los transistores. El contar con una litografía sustancialmente inferior debería proporcionar una serie de ventajas como: [2]

- **Menor latencia** entre los componentes internos. Cuando un chip es demasiado grande, el retardo de la velocidad de la luz/resistencia puede causar problemas de sincronización que aumentan la latencia.
- **Más baratos** de fabricar al utilizar una menor cantidad de materias primas en ello.
- **Mayor rendimiento por oblea:** En general, las obleas tienen un número fijo de defectos. Cuantos más procesadores se puedan sacar por oblea, más rentable será su fabricación.
- **Menor consumo:** su área más reducida hace que necesite menos corriente y voltaje para funcionar, llevando a una reducción de la potencia.
- **Mayor velocidad:** un menor consumo hace que podamos alcanzar frecuencias de funcionamiento más altas sin quemar el procesador.
- **Mejor arquitectura:** un mayor número de transistores permite que el procesador sea capaz de realizar un mayor número de tareas por cada ciclo de reloj. Se pueden crear más bloques funcionales en el mismo área, con lo cual se pueden realizar más operaciones al mismo tiempo.

² <https://hardzone.es/tutoriales/componentes/tamano-procesadores-cpu/>

3. ¿Cómo se fabrica un microprocesador? [3]

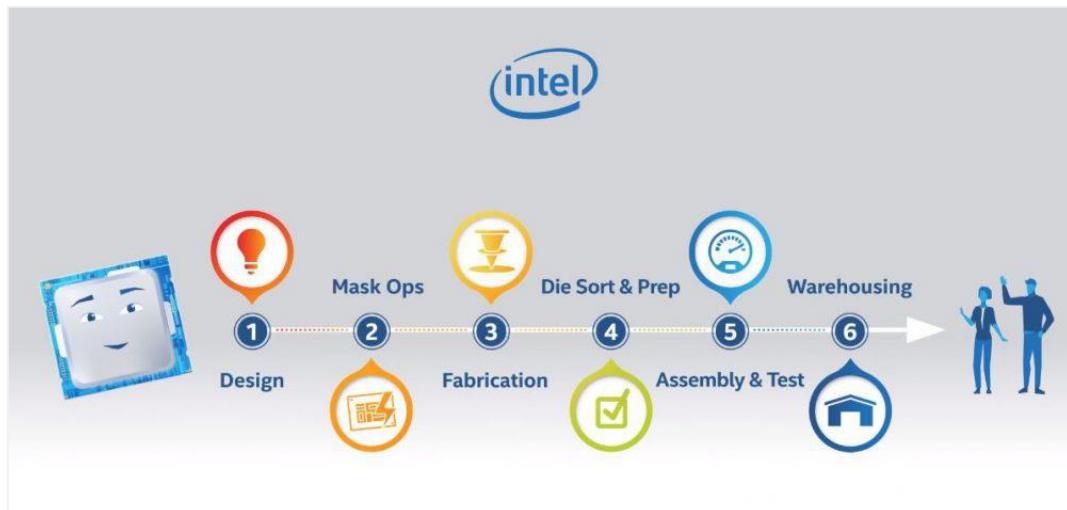


Ilustración 5 - Fabricación de un microprocesador

3.1. Diseño

Antes de convertirse en el «cuadrado» que recibimos en nuestra casa cuando compramos un procesador, **todo comienza con una simple idea** en la cabeza de los arquitectos de la compañía. Estos arquitectos trabajan en conjunto con ingenieros y diseñadores para crear los bocetos iniciales de cómo tiene que funcionar el dispositivo. Estos bocetos, cuando se ponen todos de acuerdo, se convierten en los **planos finales**, llenos de transistores, circuitos y capas.

Estas capas son importantes, y un procesador puede tener más o menos 30 de ellas. Unas capas contienen los transistores, y otras las interconexiones entre las distintas capas en configuraciones específicas para maximizar su eficiencia.

³ <https://hardzone.es/tutoriales/componentes/como-fabrica-procesador-intel/>

Que no te escriban poemas de amor
cuando terminen la carrera ➤➤➤➤➤



WUOLAH

(a nosotros por suerte nos pasa)

No si antes decirte
Lo mucho que te voy a recordar

Pero me voy a graduar.
Mañana mi diploma y título he de
pagar

Llegó mi momento de despedirte
Tras años en los que has estado mi
lado.

Siempre me has ayudado
Cuando por exámenes me he
agobiado

Oh Wuolah wuolah
Tu que eres tan bonita

Tecnología para construir procesadores y memorias

Los transistores, como «interruptores» que son, pueden encenderse y apagarse para representar los 1 y 0 que reconoce la máquina.

3.2. Plantilla y molde

Una vez que diseñadores, ingenieros y arquitectos están contentos con el diseño que han plasmado en el plano, este diseño se envía a los *Mask Ops*, ingenieros que se encargan de plasmar el diseño en una plantilla que luego se pueda utilizar para fabricar el procesador.

Para ello, una máquina de pulso de electrones (Electron Beam Machine) replica este diseño en **piezas de 6x6 pulgadas de cuarzo**, con 1/4 de pulgada de grosor. Estas piezas se llaman máscaras (Mask), y son las que se utilizan posteriormente para plasmar la circuitería interna del procesador en una **oblea de silicio**. Hacen falta más de 50 Mask para poder hacer todas las capas del procesador.



Ilustración 6 - Mask Operations

3.3. Fabricación

Una vez que se han creado todas las máscaras necesarias para fabricar un procesador, se pasa a la fase de fabricación y estas Mask se envían a las fábricas. Aquí es donde se utilizarán estos moldes

WUOLAH¹²

para plasmar los circuitos en las obleas. Obviamente, estas obleas no existen en ese estado, y antes tienen que pasar por procesos químicos para convertir la arena (silicio) en las obleas que conocemos.

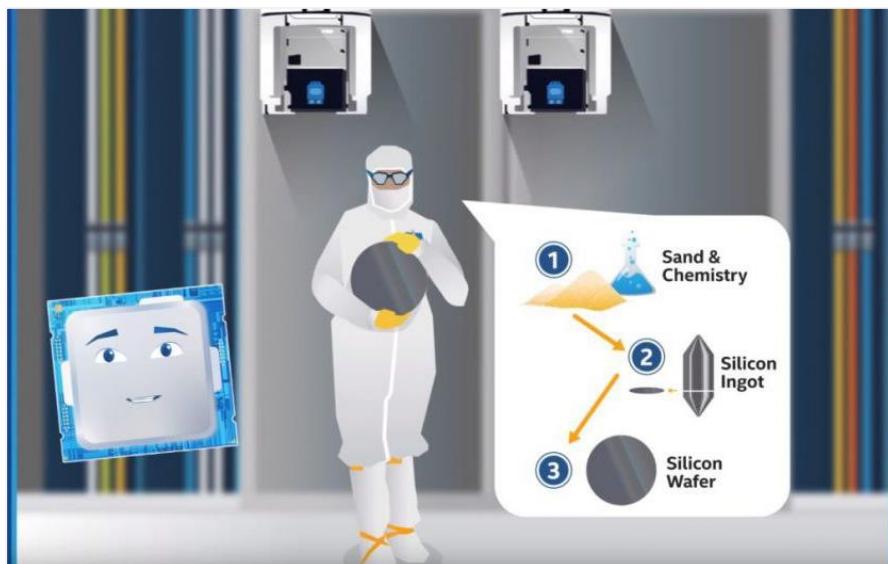


Ilustración 7 - Creación de obleas de silicio

Para «imprimir» las máscaras en las obleas, se utiliza un proceso llamado **fotolitografía**, mediante el que un **cañón de electrones** refleja la luz en estas máscaras, lo cual pasando a través de diferentes lentes para reducir al tamaño necesario el proceso, quedan imprimidas en las obleas.

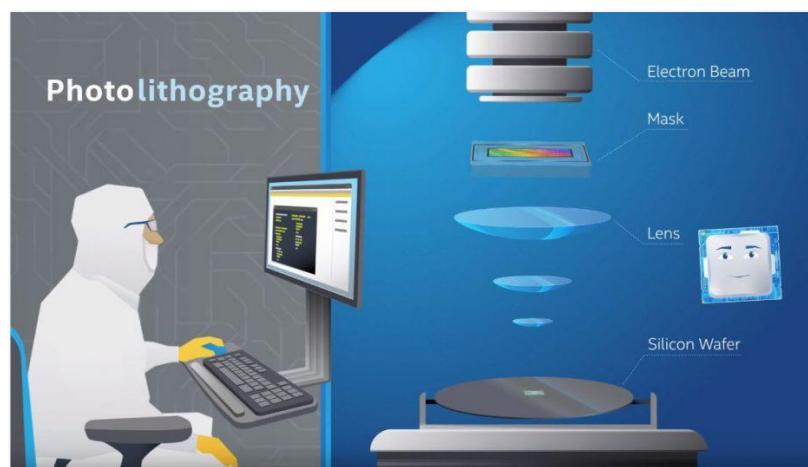


Ilustración 8 – Fotolitografía

Esto hay que hacerlo con todas las máscaras para crear las capas de cada chip. Así, en una sola oblea pueden entrar cientos e incluso miles de pequeños chips.

3.4. Preparación

Una vez que tenemos las obleas, pasamos al paso de preparación y ordenación. Básicamente, una oblea contiene cientos o miles de chips, y hay que cortarlas con total precisión para poder **separar todos estos chips unos de otros** para que luego podamos utilizarlos en los procesadores. Para ello, se utilizan máquinas de corte láser extremadamente precisas.



Ilustración 9 - Cortar chips

El resultado de este proceso es el circuito integrado que todos conocemos, que es el cerebro de los procesadores. Una vez se cortan los chips, otra máquina los transporta a la siguiente fase de la cadena de preparación.



Ilustración 10 - Chips cortados

3.5. Ensamblaje y pruebas

En esta fase, los ingenieros realizan pruebas a todos los chips individualmente y descartan los que no funcionen adecuadamente o los que no pasen los estándares de calidad del fabricante. Si pasan la prueba, los chips se montan en un substrato y se les pone encima el **disipador de calor (IHS)**, creando lo que ya conocemos todos como procesador. Este proceso se llama ensamblaje.

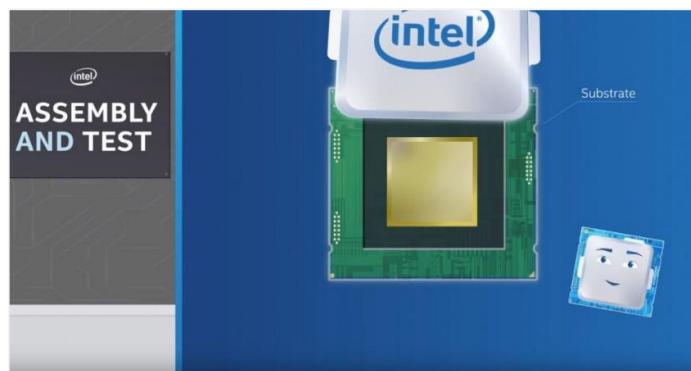


Ilustración 11 – Ensamblaje

Este empaquetado exterior protege al chip de casi todos los daños, incluyendo golpes, salpicaduras o calor. Este substrato tiene en su zona inferior todos los contactos necesarios para que el procesador funcione en conjunto con la placa base donde lo instalaremos, por supuesto.

La escuela de Ciberseguridad más grande del mundo.

La formación más completa y transversal que demanda el mercado.

Sabemos que es difícil definir tu futuro profesional
¿Te ayudamos?

A REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Técnicas de fabricación:

<https://www.noticias3d.com/articulo.asp?idarticulo=3004>

2. Mejorar las técnicas de fabricación:

<https://hardzone.es/tutoriales/componentes/tamano-procesadores-cpu/>

3. Fabricar un microprocesador:

<https://hardzone.es/tutoriales/componentes/como-fabrica-procesador-intel/>

