

Test 1

1. Leakage current is a big problem in recent CMOS technology node.

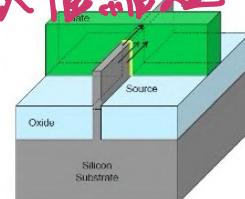
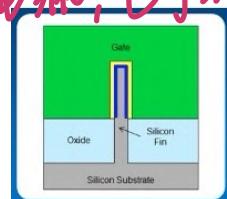
- (a) (2%) Which of the following can be used to reduce leakage current (i) low-k dielectric (ii) FinFET (iii) Silicon on Insulator (SOI) (iv) immersiv^e lithography

- (b) (4%) For the selected items in (a), explain their function principle to reduce leakage

Ans:

(a). (ii) FinFET.

(b). 在 FinFET 樞構中，gate 做成魚骨狀的 3D 構構，可從電路兩側控制開關。這種設計可大幅加快充放電速度、改善電路控制及減少漏電流，也可以大幅縮短 transistor 的 gate length.



Note:

(iii) SOI: SOI 器件具有掩埋氧化物，其將基底與裸底隔離。
(Buried Oxide).

- ⇒ 1. 減少寄生電容量 → 晶體工作越快。
2. 不存在基底導極塊漏路徑 → 低功耗。

⇒ PD(部分耗盡) vs FD(全耗盡) SOI

與 PD-SOI 相比，FD-SOI 具非常薄的結構層，因此在執行期間完全耗盡。PD-SOI: 50 nm - 90 nm,
FD-SOI: 5 nm - 20 nm o.

⇒ SOI 優勢。

1. 漏電流減少，功耗低

2. 不依賴背極塊偏置 (FinFET)。

- SOI 補充.

1. PD-SOI 具歷史效益, 隨著身體變厚, 滑件是明顯的, 因此伴隨而取決於器件的先前狀態, 這種滑件電壓可以改變器件的閾值電壓, 導致相同的電晶體次配.
2. 自熱, 絶緣材料不易消散熱, 使薄片溫度升高, 降低了器件的遷移率和電流.

⇒ SOI vs FinFET.

- SOI 限制: 晶片成本 > 体砂晶片成本, 因而難以控制晶圓上的錫砂膜.
- FinFET 优势: 具更高的超沖電流, 可增強電流遷移率.
- FinFET 缺點: 複雜的製造工藝.

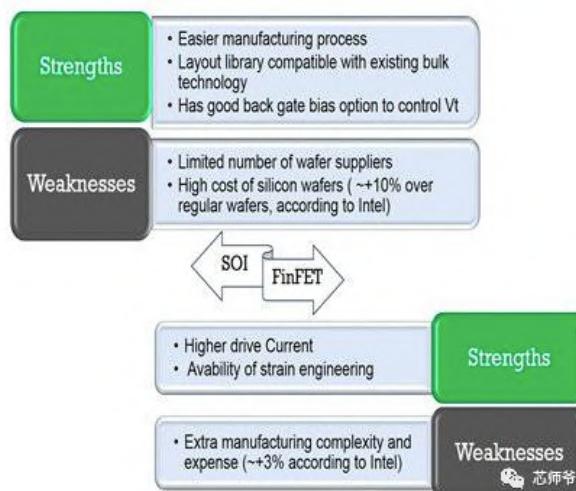


圖11. SOI和FinFET的優缺點

(IV) Immersion lithography (浸潤式蝕刻).

浸潤式蝕刻 (immersion lithography)

(利用水折射，使波長變小，促製程UP).

我們僅僅需要將光罩的圖案越畫越小，就能蝕刻出越來越小的電路。但是當光罩的尺寸和光源的波長差不多小的時候，繞射效應變得相當嚴重，曝光出來的電路和光罩上圖案相差非常大。要解決這個問題，使用更小的波長就好了。從原本的綠光顯影，波長一路降將低到藍光、甚至紫外光。然而，波長越短的光成本越高，而且紫外光具有高能量，很容易將許多元件直接打壞，半導體製程曾經因此卡住無法繼續微縮。時任台積電研發副總的林本堅博士發明了浸潤式蝕刻，一舉打破了波長的限制。光在液體中跑得慢，波長也短。利用這個原理，把晶圓泡在液體中就在相同的光源下，使晶圓看的等效波長變小，製作出更小的結構。自從65奈米節點，浸潤式蝕刻被廣泛使用在製程之中。

→ 介電常數：介電質的儲存能力.

(5) low-k dielectric

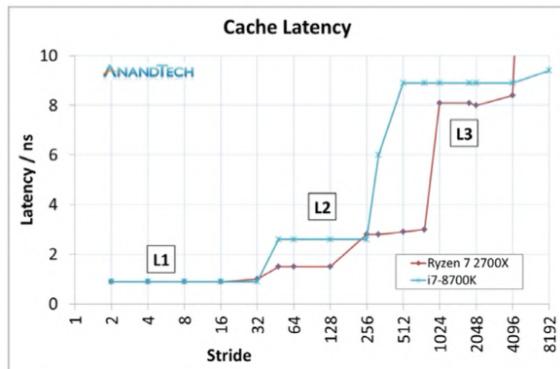
↳ 是一種絕緣材料

- 定義：在積件電路中，由於工藝的限制，零件之間必有寄生電容，影響晶片的速度及可靠性，因此使用 low-k 介電質作為 ILD 可有效降低寄生電容，使性能提升，降低延遲時間。

Low-k 優缺點

電介質作為晶片必備的一種材料，除了低k值外，電介質材料至少應具備以下三個方面的特性：絕緣性能好、導熱性好、便於製造。進入90nm工藝後，low-k電介質的開發和套用是晶片廠商面臨的難題。由於low-k材料的抗熱性、化學性、機械延展性以及材料穩定性等問題都還沒有得到完全解決，給晶片的製造和質量控制帶來很多困難。採用low-k材料後，多家晶片大廠的產品都出現過不同程度的問題。與SiO₂相比，low-k材料密度較低，這樣帶來兩個問題，一是熱傳導性能較差，不利於晶片內熱量的散發，由此導致晶片熱穩定性變壞；二是銅更容易擴散進入絕緣層材料的孔隙中，不僅影響了互連的可靠性，如果不採取適當防擴散工藝措施，情況嚴重時會因電介質中銅含量過高而帶來漏電和功耗升高問題。雖然電流泄露途徑主要是“柵泄漏(Gate leakage)”，但“電介質泄漏(Dielectric leakage)”問題也同樣不可忽視。在製造工藝上，由於low-k材料的鬆軟結構和易滲透性，使得CMP(化學機械研磨)和清潔工序變得更為艱難，並導致成品率下降和生產成本的提高。

2. (4%) For the following AMD Ryzen 7 and Intel i7 core Latency and stride comparison. Please explain the lower performance of i7 core in L2 cache in terms of the function of cache association.

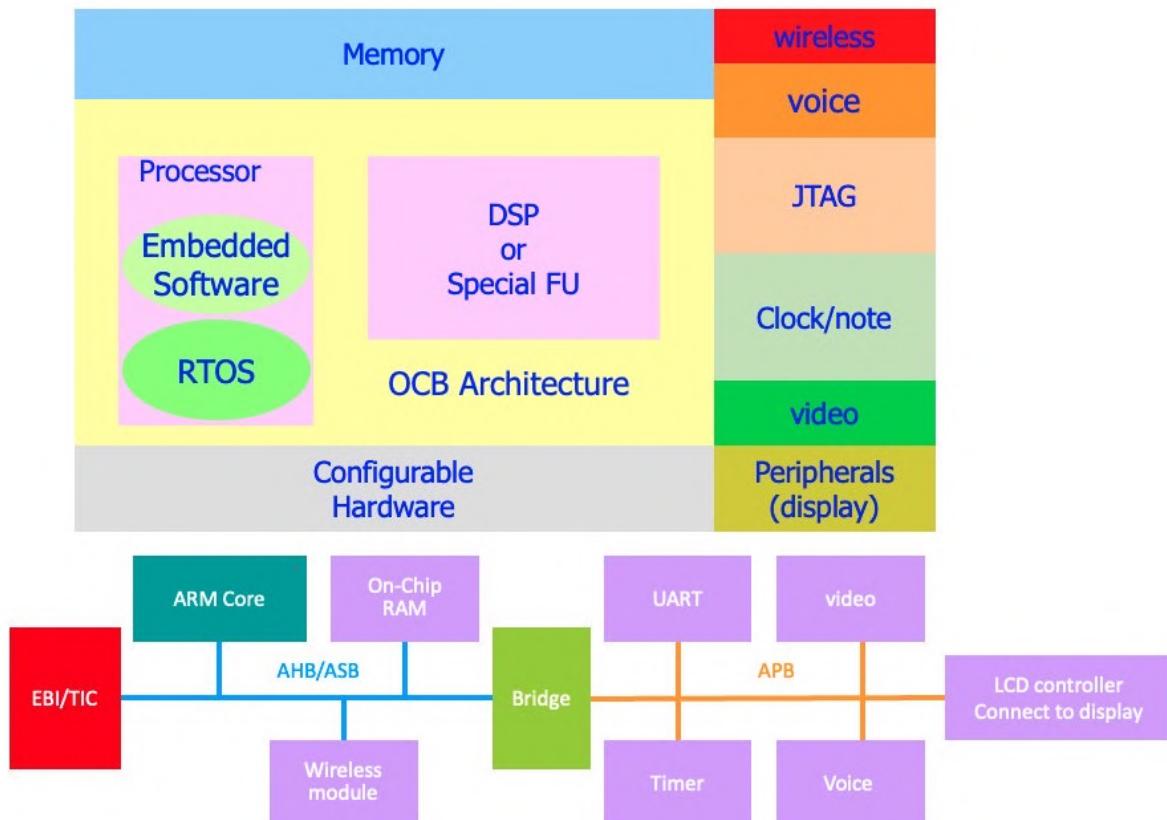


Ans:

- . Intel i7 core 在 L2 cache 選擇 756 kb/core 的 size, association 有 4-way.
- . AMD Ryzen 7 在 L2 cache 選擇 512 kb/core 的 size, association 有 8-way.
- ∴ Intel 有較低的 performance.

3. Given the following requirements of a proposed camera used in smartphone.

- (a) Rich set of interfaces
 - (i) video I/O
 - (ii) 3x I2S for audio input
 - (iii) USB3 for PHY
 - (iv) 1 Gbit Ethernet
 - (b) Heterogeneous multi-core architecture
 - (i) VLIW process
 - (ii) Hardware acceleration for image processing
 - (iii) RISC processor
 - (c) Support DDR III DRAM
 - (d) Centralized on Chip Memory
 - (e) L2 Cache
 - (f) Support development Kit (Software)
 - (i) RISC RTOS
- i. (8%) Draw a SOC platform of the required module components based on the requirement item number with different kind of on-chip bus that contains the required module components.



4. For the three technologies, immersion technology, double patterning, and extreme Ultraviolet, used in the lithography under submicron to reduce the transistor dimension,
- (6%) Describe the operating principles for these three technologies.
 - (6%) Using a table to show their pros and cons of these three technologies.

(a). Immersion Technology.

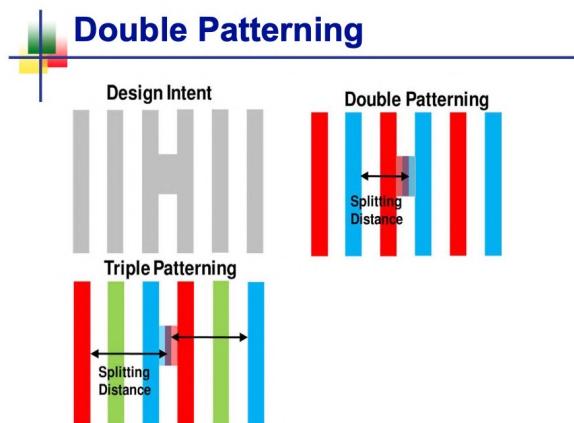
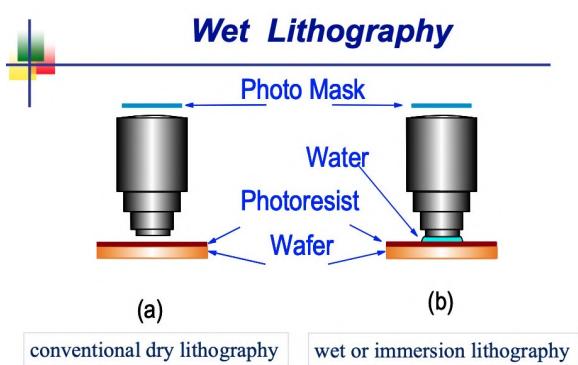
浸沒顯影>1 的液体在最後 [lens 與 wafer 之間].

double patterning.

一種將佈局分割為 2 個或更多以上各自光罩的技術。
如 Pitch Splitting (Litho-Gate-Litho-Gate),
將原單幅圖案的多正形切割為多塊並結合在一起的不同方式，以提供更多的布局選項。

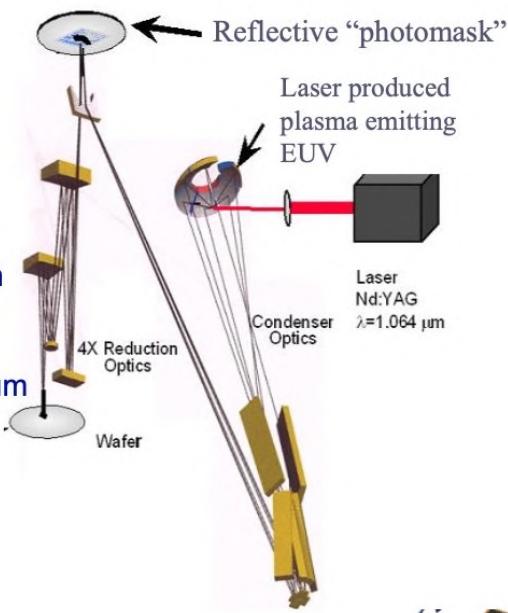
Extreme Ultraviolet.

燃燒從步驟設計圖案反射到晶片上的強紫外線束。



Extreme UV Lithography (13.5 nm wavelength)

- No suitable lens material at this wavelength.
- Optics is based on mirrors with nm flatness.
- Nd:YAG (neodymium-doped yttrium aluminium garnet; Nd:Y₃Al₅O₁₂) is a crystal that is used as a lasing medium for solid-state lasers.



(b).

消除光刻膠
殘留物。

Techniques	Immersion	Double Patterning	Extreme Ultraviolet
Advantages	<ul style="list-style-type: none"> - Blurriness is reduced. - Enhance the resolution. 	<ul style="list-style-type: none"> - Enhance the feature density. 	<ul style="list-style-type: none"> - Offer higher resolution.
Disadvantages	<ul style="list-style-type: none"> - Tolerance in wafer topography flatness is reduced compared to the corresponding "dry" tool at the same resolution. 	<ul style="list-style-type: none"> - Design restrictions. - High cost. - Alignment issues. 	<ul style="list-style-type: none"> - Price is expensive.

在相同的分辨率下，与相应的dry tool相比，
晶片的平整度较差。

5. (2%) List the advantages and disadvantages of the CISC and RISC processors in terms of instruction type, instruction execution time, hardware complexity, addressing mode and compiled object code complexity.

(2%) What kinds of approach does ARM use to reduce object code density?

(a)

	CISC	RISC
1	Complex instructions taking multiple cycles	Simple instructions taking 1 cycle
2	Any instruction may reference memory	Only LOADS/STORES reference memory
3	Not pipelined or less pipelined	Highly pipelined
4	Instructions interpreted by the microprogram	Instructions executed by the hardware
5	Variable format instructions	Fixed format instructions
6	Many instructions and modes	Few instructions and modes
7	Complexity in the microprogram	Complexity is in the compiler
8	Single register set	Multiple register sets

(b). ARM 使用的是 RISC.

降低 code density 的方法: Thumb.

→ 在 thumb 模式下，较小的 opcode 有更多的功能性。

ex. 仅有分支可是条件式的，且许多 opcode 是直接存取 CPU 的 registers。

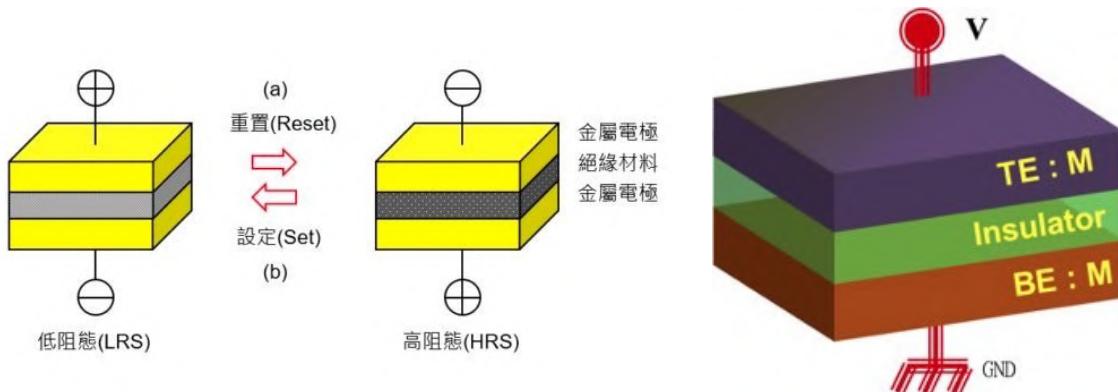
→ 然而较短的 opcode 可提供整体更佳的编码密度，即使有些运算需更多的指令。特别是在记忆体埠或匯流排宽度限制在 32 以下的情形时，较短的 thumb opcode 能更有效地使用有限的记忆体埠宽，因而提供比 32 位元模式码更佳的效能。

ex. 典型的嵌入式硬体僅具有較小的 32-bit datapath 走地範圍以及其他更窄的 16-bit 走地.

6. (6%) Draw a diagram to describe the principle of storing bit in the following memory: (a) Resistive RAM (c) Floating Gate (d) Harddisk Drive.

(a) Resistive RAM 电阻式隨機存取記憶體.

利用上下兩層金屬電極中央一層特別的絕緣材料(退渡金屬氧化物),絕緣材料的電阻值會隨著所加偏壓改變而產生不同的電阻值,利用電阻改變儲存資料.



w) Floating Gate. 浮動閘極.

- (c) 當我們應用 FN 穿隧的原理來操作浮動閘極元件，於閘極施加正電壓，則會使源極(Drain)的電子穿過穿隧氧化層(Tunnelling Oxide)到達浮動閘極(Floating Gate)，若此時停止施加電壓，則電子將會被侷限在穿隧氧化層和控制氧化層之間的位能井內。相反地，於閘極施加負電壓，則會將浮動閘及內的電子趕回源極去。

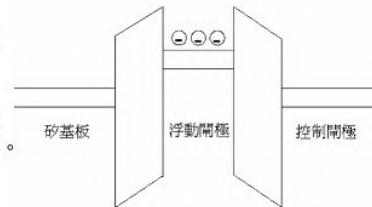
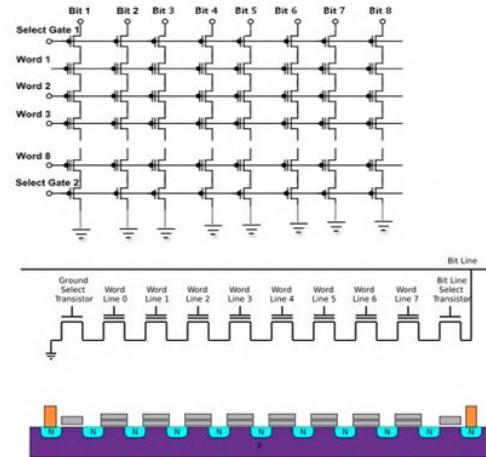


圖 1-11 電子局限在二氧化矽位能井中。

由左圖可見每個Bit Line下的基本存儲單元是串聯的，NAND讀取數據的單位是Page，當需要讀取某個Page時，FLASH控制器就不在這個Page的Word Line施加電壓，

而對其他所有Page的Word Line施加電壓（電壓值不能改變Floating Gate中電荷數量），讓這些Page的所有基本存儲單元的D和S導通，而我們要讀取的Page的基本存儲單元的D和S的導通/關斷狀態則取決於Floating Gate是否有電荷，

有電荷時，Bit Line讀出‘0’，無電荷Bit Line讀出‘1’，實現了Page數據的讀出，可見NAND無法實現位讀取（即Random Access），進程代碼也就無法在NAND上運行。

Note:

• Flash Memory 快閃記憶體.

快閃記憶體(FLASH)是一種非易失性儲存器，即斷電資料也不會丟失。因為快閃記憶體不像RAM（隨機存取儲存器）一樣以位元組為單位改寫資料，因此不能取代RAM。

快閃記憶體通常包括NOR和NAND兩種型別。NOR快閃記憶體是由Intel公司開發的，是一種隨機訪問裝置，具有專用的地址和資料線（和SRAM類似），以位元組的方式進行讀寫，允許對儲存器當中的任何位置進行訪問，這使得NOR快閃記憶體是傳統的只讀儲存器(ROM)的一種很好的替代方案，比如計算機的BIOS晶片。而NAND快閃記憶體則沒有專用的地址線，不能直接定址，是通過一個間接的、類似I/O的介面來發送命令和地址來進行控制的，這就意味著NAND快閃記憶體只能夠以頁的方式進行訪問。相對於NOR快閃記憶體而言，NAND快閃記憶體只需要更少的邏輯閘就可以儲存相同數量的位，因此，NAND快閃記憶體比NOR快閃記憶體體積更小，儲存密度更大。就讀取速度而言，NOR快閃記憶體要比NAND快閃記憶體稍快一些；就寫入速度而言，NAND快閃記憶體要比NOR快閃記憶體快許多。NAND快閃記憶體執行擦除操作比較簡單，只需要擦除整個塊即可。NOR快閃記憶體進行擦除時，需要把所有的位都寫為1。NOR快閃記憶體雖然具備更快、更簡單的訪問過程，但是，儲存能力比較低，因此，比較適合用來進行程式的儲存。NAND快閃記憶體可以提供極高的單元儲存密度（當前單個晶片具備了32GB的儲存能力），比較適合儲存大量的資料，並且寫入和擦除的速度也很快；此外，NAND快閃記憶體的讀寫操作單元通常是一個扇區的大小（即512KB），這使得NAND快閃記憶體和磁碟的行為非常類似。

NAND Flash作為一種比較實用的固態硬碟儲存介質，有自己的一些物理特性，需要有基本的管理技術才能使用，對設計者來說，挑戰主要在下面幾點：

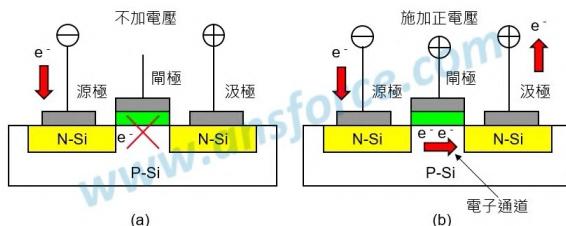
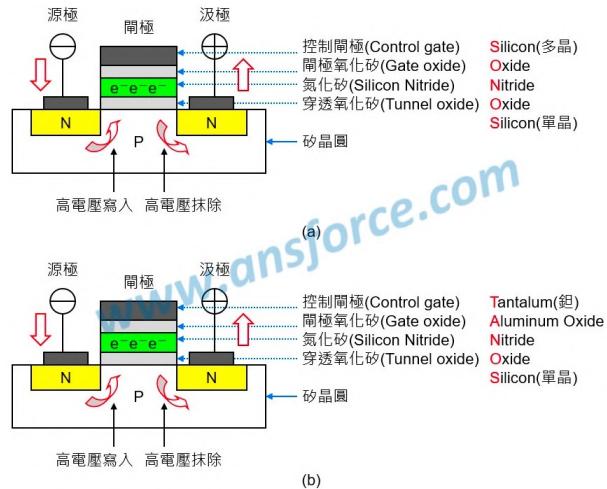
1. 需要先擦除才能寫入。
2. 損耗機制，有耐久度限制。
3. 讀寫時候造成的干擾會造成資料出錯。
4. 資料的儲存期。
5. 對初始和執行時候的壞塊管理

• Flash memory 及 MOSFET 仔細 data.

數據就存放在floating gate (懸浮門) 之中，一個門可以存放1bit數據

如圖所示，門中電壓有個閾值Vth

如果檢測到電壓超過Vth，那麼便認為這個bit是0
數據的寫入和擦除，都通過controlgate來完成。



• MOSFET. 金屬氧化物半導體電晶體. → MOS.

MOSFET 的構造

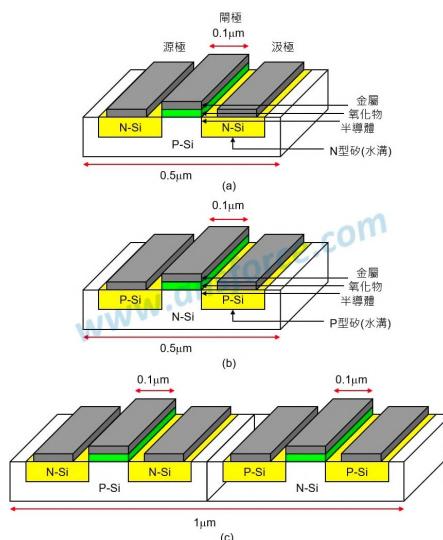
金屬－氧化物－半導體場效電晶體（MOSFET：Metal Oxide Semiconductor Field Effect Transistor）簡稱「MOS」，依照不同的導電特性又可以分為 NMOS、PMOS、CMOS 三種：

- **NMOS (N-type MOS)**：NMOS 的構造如 <圖一 (a)> 所示，在 P 型矽基板的左右各製作一個 N 型的區域（類似水溝的構造），並且在上方蒸鍍金屬電極；另外在矽基板的中央上方製作一層氧化矽，上方再蒸鍍一層金屬電極（目前大多使用多晶矽取代），中央的金屬稱為「閘極（Gate）」，左邊的金屬稱為「源極（Source）」，右邊的金屬稱為「汲極（Drain）」。
- **PMOS (P-type MOS)**：PMOS 的構造如 <圖一 (b)> 所示，與 NMOS 相同，但是 N 型與 P 型區域相反，因此導電特性相反。
- **CMOS (Complementary MOS)**：CMOS 的構造如 <圖一 (c)> 所示，由一個 NMOS 與一個 PMOS 組合起來形成一個 CMOS，是目前最常使用的一種主動元件。

CMOS 開關與放大器

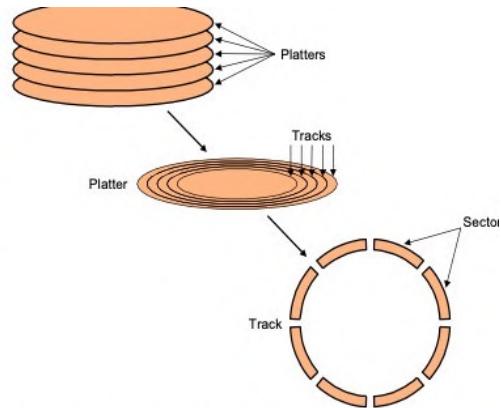
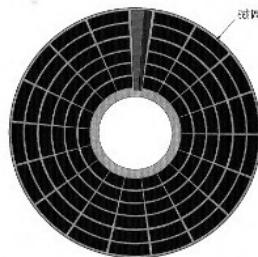
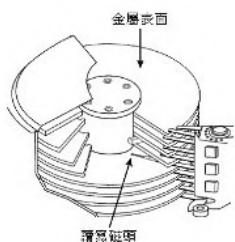
由上面的描述可以得知，MOS 說穿了就是開關，也就是可以控制 0 與 1 的元件，我們利用這種元件來製作可以處理數位訊號 (0 與 1) 的積體電路 (IC)，但是目前市面上幾乎所有的積體電路 (IC) 都是使用 CMOS 來製作，而不是使用 NMOS 或 PMOS。由 <圖一> 可以看出 CMOS 是由一個 NMOS 與一個 PMOS 組合而成，雖然功能與單獨一個 NMOS 相同，但是 CMOS 的體積是單獨一個 NMOS 的兩倍，製作成本較高，為什麼積體電路 (IC) 會使用成本較高的 CMOS 來製作呢？

因為 CMOS 只有在處理數位訊號由 0 變 1 或由 1 變 0 時才會消耗電能（動態功率耗損），如果一直保持 0 或一直保持 1 時並不會消耗電能（靜態功率耗損），因此比單獨一個 NMOS 或 PMOS 還要省電，符合目前所有電子產品省電的要求，所以目前幾乎所有的積體電路 (IC) 實際上都是使用 CMOS 來製作，換句話說，目前的積體電路是：犧牲大小，成全省電。



cd) Harddisk Drive. (HDD)

(d)



- 一堆同圓心軸的金屬碟，它們已經被磁化的了。所有的資料都是記錄在這些光滑的金屬碟表面之上
- 每個金屬磁片通常都有兩面，每一面都有其各自的讀寫磁頭(Head)一個
- 金屬磁碟旋轉，磁頭不移動的在表面相對所畫出來的一圈，可以說是一個磁軌(Track)。
- 那麼從圓心向外以一定距離進行量度，將所有表面上的相同圓周的磁軌從上到下疊起來，抽象地看就是一個磁柱(Cylinder)了。
- 由圓心開始，在同一表面上分別畫出無數條半徑，然後每兩條半徑所分割的磁軌，我們稱為磁區(Sector)。每一磁區"通常"會可攜帶 512byte(0.5KB)的資料
- Magnetic polarity to present data pattern

Note.

Solid-state Drive.

SSD中一般有多個NAND Flash，每個NAND Flash包含多個Block，每個Block包含多個Page。由於NAND的特性，其存取都必須以page為單位，即每次讀寫至少是一個page，通常地，每個page的大小為4k或者8k。另外，NAND還有一個特性是，其只能是讀或寫單個page，但不能覆蓋寫如某個page，必須先要清空裡面的內容，再寫入。由於清空內容的電壓較高，必須是以block為單位。因此，沒有空閒的page時，必須要找到沒有有效內容的block，先擦寫，然後再選擇空閒的page寫入。

從NAND Flash的原理可以看出，其和HDD的主要區別為

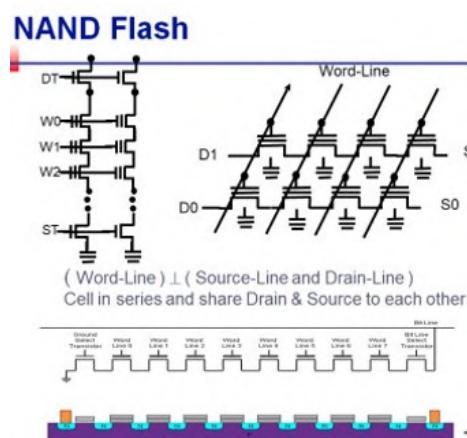
定位數據快：HDD需要經過尋道和旋轉，才能定位到要讀寫的數據塊，而SSD通過mapping table直接計算即可

讀取速度塊：HDD的速度取決於旋轉速度，而SSD只需要加電壓讀取數據，一般而言，要快於HDD

7. (a) (2%) Which of the following memory are suitable for storing MP3 data?
- DRAM
 - NOR Flash
 - NAND Flash
 - ROM
- (b) (4%) For the answer in 7(a), describe the memory structure and why the structure is suitable for the application.
- (c) (2%) What is disadvantage of the answer in 7(a)?
- (d) (4%) What kind of approach can be used to release the problem in 7(c)?
Describe its operation principle.

(a) (111)NAND Flash.

(b). 因為此架構具有 high speed serial access 的特性，
如同音樂通常有 serial access 的特性，且價格便宜。



NOR Flash與NAND Flash比較

特性類別	NOR	NAND
基本儲存單位	bit，用戶可以隨機存取任何一個bit的資訊	頁（Page）每一頁的有效容量是512位元元組的倍數。
讀取速度	讀取速度快	讀取速度慢
刪除與改寫速度	刪除和寫入速度慢	寫入和刪除的速度快
原地執行代碼	可	不可

Flash Applications		
Function	Application	
Data	CAMERAS MP3	NAND
Code + Data	DVD STB	
Code + Parameter	Networking Mobile	NOR
Code Only	PC Modem HDD, Add-on boards, CD-ROM	Printer, DVD, PDA OA, Games, TV

Flash Memory Performance

	Application	Spec
File Storage NAND	Email Memory Card - Digital Still Camera - MP3 - PDA - 3D Disk et al	Advantage : • Cheap bit cost • High speed programming • High speed reading • High speed serial access Disadvantage : • Slow random access
Code Storage NOR	Store the program Data - Cellular phone - DVD - Set TOP Box BIOS - PC	Advantage : • High speed random access • Byte programming Disadvantage : • Slow speed programming • Slow speed erasing

(c) slow random access

(d) 寫入端要NOR Flash, 讀取端用NAND Flash.

8. (4%) Which of the following are hard IPs in a SOC? (a) RTL DSP core (b) technology specific JTAG (c) gate level ARM (d) polygon level JPEG.

(b) (cd)

Note i

@Intellectual Property 知識產權(IP)

Intellectual Property means products, technology, software, etc. that have been protected through patents, copyrights, or trade secrets

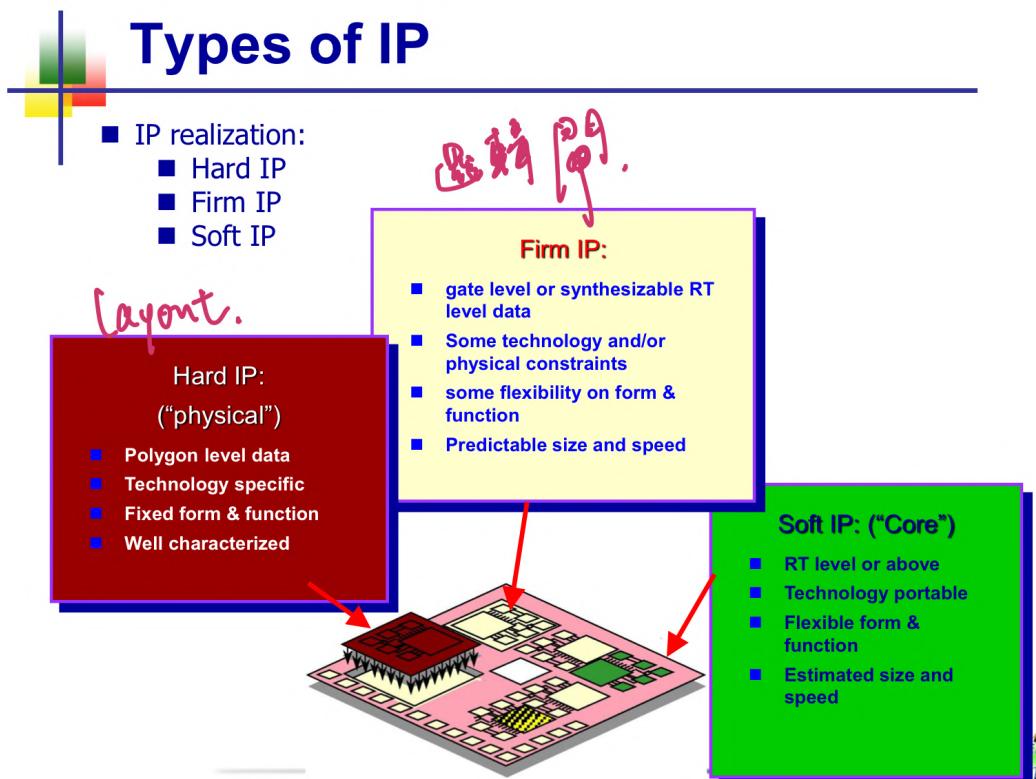
知識產權是指受專利、版權或商業秘密保護的產品、技術、軟件等

@Virtual Component 虛擬組件(VC)

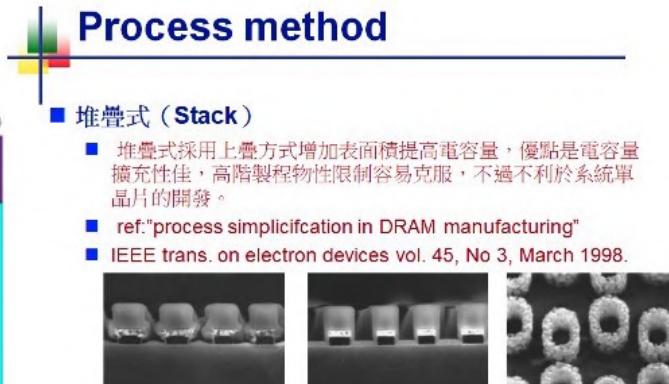
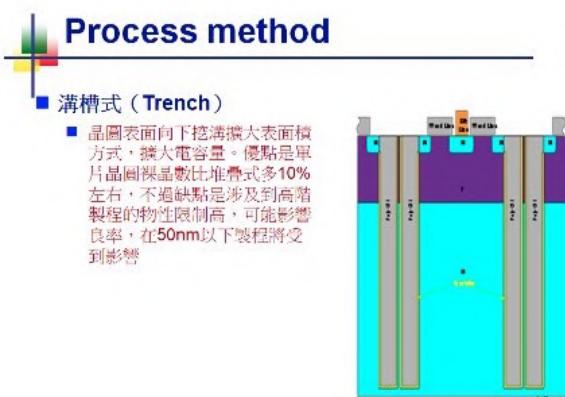
A block that meets the Virtual Socket Interface Specification (VSIA) and is used as a component in the Virtual Socket design environment. Virtual Components can be of three forms — Soft, Firm, or Hard.

符合虛擬套接字接口規範 (VSIA) 並在虛擬套接字設計環境中用作組件的塊。虛擬組件可以是三種形式——軟、硬或硬。

Also named mega function, macro block, reusable component



9. (4%) Describe the pro and con of stack and trench semiconductor process.
Schemes for DRAM.



• Trench. (向下)

优：單片晶圓裸晶體級比 stack 多10%.

缺：涉及到高階製程的物理限制高，影响良率。

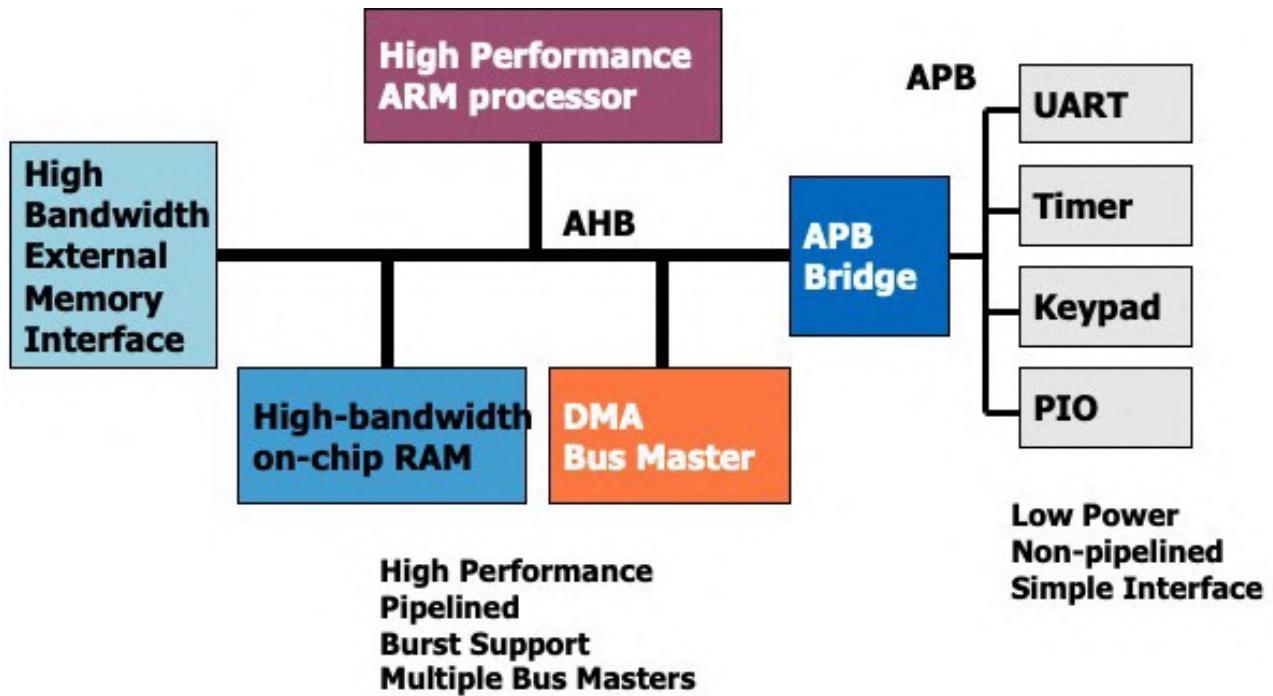


• Stack. (向上)

优：电容量擴充性佳，易克服上述問題。

缺：不利于小統單晶片開發。

10. (4%) How to send a set of data from an AMR core to keypad interface through AMBA interface.



Note:

AMBA (Advanced Microcontroller Bus Architecture).
是一多匯流排，規範定義了3種可以組合使用的匯流排。

① AHB ② ASB ③ APB
↑ ↑ ↑
System High Performance Peripherals

意義

AMBA匯流排規範主要設計目的如下：滿足具有一個或多個CPU或DSP的嵌入式系統產品的快速開發要求；增加設計技術上的獨立性，確保可重用的多種IP核可以成功地移植到不同的系統中，適合全定製、標準單元和門陣列等技術；促進系統模塊化設計，以增加處理器的獨立性；減少對底層矽的需求，以使片外的操作和測試通信更加有效。

種類說明。

AMBA的AHB適用於高性能和高時鐘頻率的系統模塊。它作為高性能系統的骨幹匯流排，主要用於連接高性能和高吞吐量設備之間的連接，如CPU、片上存儲器、DMA設備和DSP或其它協處理器等。其主要特性如下：

- 支援多個匯流排主設備控制單元；
- 支援猝發、分裂、流水等數據傳輸模式；
- 單週期匯流排主設備控制權轉換；
- 32~128位數據匯流排寬度；
- 具有訪問保護機制，以區分特權模式和非特權模式訪問，指令和數據讀取等；
- 數據猝發傳輸最大為16段；
- 位址空間32位；
- 支援位元組、半字和字傳輸。

AMBA的ASB適用於高性能的系統模塊。在不必要適用AHB的高速特性的場合，可選擇ASB作為系統匯流排。它同樣支援處理器、片上存儲器和片外處理器界面與低功耗外部宏單元之間的連接。其主要特性與AHB類似，主要不同點是它讀數據和寫數據採用同一條雙向數據匯流排。

AMBA的APB適用於低功耗的外部設備，它已經過優化，以減少功耗和對外設界面的複雜度；它可連接在兩種系統匯流排上。其主要特性如下：

- 低速、低功耗外部匯流排；
- 單個匯流排主設備控制單元；
- 非常簡單，加上CLOCK和RESET，總共只有4個控制信號；
- 32位位址空間；
- 最大32位數據匯流排；
- 讀數據匯流排與寫數據匯流排分開。

11. (5%) List one ARM core that could provide the low power performance requirement in handheld devices.

Cortex A7 → 省電

Note:

Cortex A15 → 高效能。

12. (a) (2%) Which of the following memory is suitable for IoT device? (a) NOR Flash (b) NAND Flash (c) RRAM (d) MRAM
(b) (4%) For the answer in 12(a), describe the operation principle and the reason for this application.

(a) 全。

(b) : (a) > 有 high speed serial access.
(b)

(c) 讀寫速度快，且較便宜。

(d) 讀寫速度和 DRAM, SRAM，但卻非揮發性。

新世代記憶體RRAM

Evolution of RRAM

2017年5月，台積電發表了自行研發多年的eMRAM和eRRAM技術

台積電次世代記憶體布局

項目	eMRAM(嵌入式磁阻式記憶體)	eRRAM(嵌入式電阻式記憶體)
應用	物聯網、行動裝置、高速運算電腦、智能汽車	物聯網
主力製程	22 奈米	40/22 奈米
時程	2018年底試產，2019年中量產	今年底試產，2019年中量產

Pros and Cons

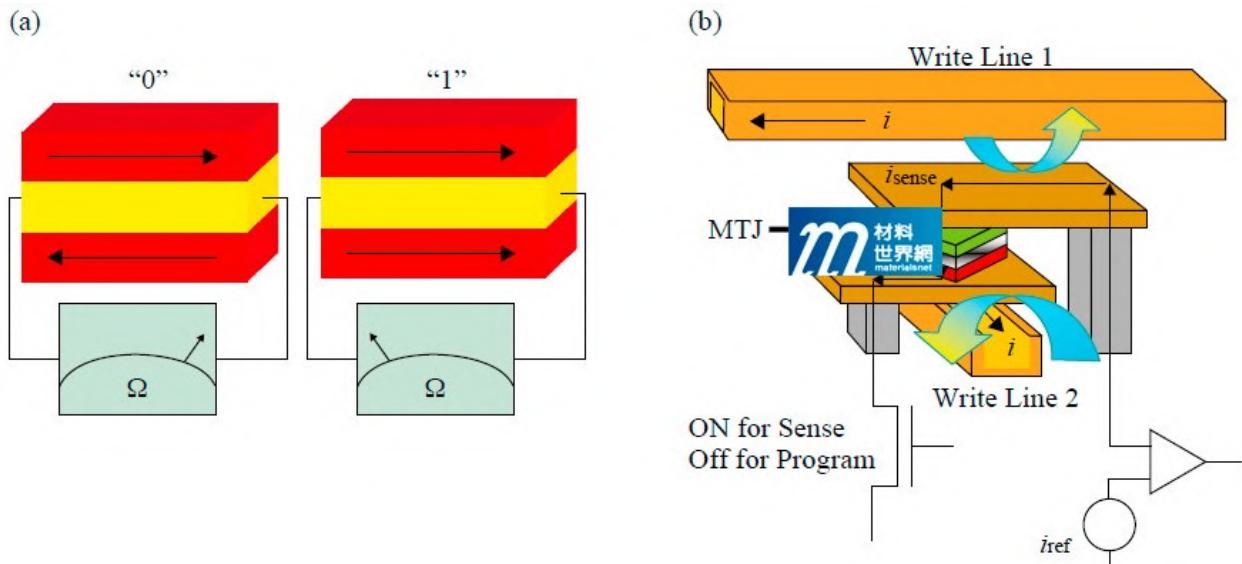
- 特性
 - Random access
 - 非揮發性記憶體
 - 面積小
 - 存取速率快
 - 低功耗
 - 高耐用度
- 缺點
 - 成本昂貴
 - SAF(Stuck-At-Faults)

Source : 拓墣產業研究院, 2017

Note: MRAM.

磁隨機記憶體MRAM結構及原理

目前MRAM儲存資料是運用磁芯膜層被磁場極化後，不同磁矩方向會產生高低電阻（定為0或1）進行資料位元存取，圖六(a)為根據外加磁場方向進行平行或反平行之磁性自旋組態排列，上層自由磁性層因本質矯頑磁力弱，僅需小磁場即能進行翻轉，可以形成和下層釘扎層自旋反平行組態的高電阻("1" bit)態；若再加相反的磁場時則使上層翻轉而和下層形成平行組態，因此形成低電阻("0" bit)態，磁記憶原理就是利用這二種不同自旋電阻來進行資料儲存。

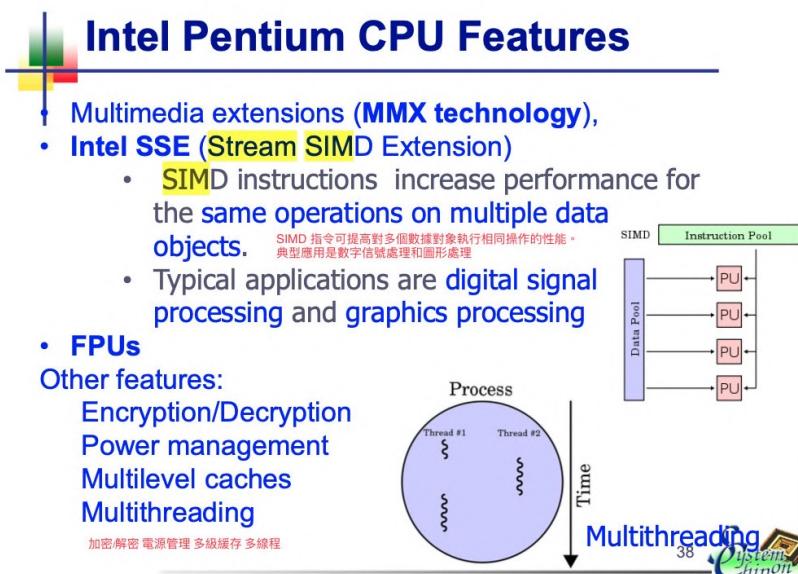


13. (8%) Which of the following can be used to increase operation per second for intel single core CPU? (a) Stream SIMD (b) Hyper Threading (c) turbo boost (d) ring interconnect

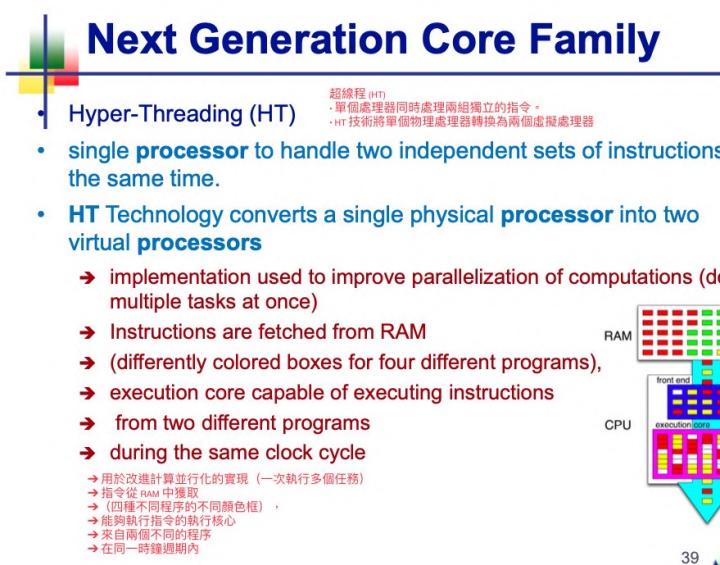
(a) (b) (c).

Note:

(a) Stream SIMD



(b) Hyper Threading.



w) Turbo Boost

Intel Core i7 CPU

- High computation power
- High Speed
- **Turbo Boost Technology**
 - Detect the voltage of the processor,
 - Speed up the clock rate of the running processing core if it is lower than the rated limit
 - Frequency increases occur in increments of
 - ▷ 133 MHz for Nehalem processors
 - ▷ 100 MHz for Sandy Bridge, Ivy Bridge, Haswell and Skylake processors.
- Fantastic entertainment and gaming
- Seamless 4K Ultra HD, and 360 video



涡輪增壓技術
→ 檢測處理器的電壓。
→ 加快正在運行的處理核心的時鐘速率，如果它是
低於額定限值。
→ 頻率增加以 133 MHz 用於 Nehalem 處理器 / 100 MHz 適用於 Sandy Bridge、Ivy Bridge、Haswell 和 Skylake 處理器。

14. (4%) Describe the operation principle of (i) Channel Hot Electron, (ii) FN tunneling in Flash to inject and erase electrons to floating gate. (寫入 Flash Memory).
 (4%) Describe the operation principle on how to read the store data as one or zero from floating gate transistor.

(a) (i) Channel Hot Electron. 渠道熱電子

該方法通過對控制閘施加高電壓，使導電子在電場的作用下突破絕緣體的屏障進入到浮閘內部，反之亦然，以此來完成寫入及擦除。

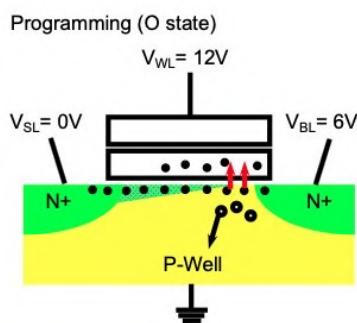
(ii) FN (Fowler - Nordheim)

該方法直接在絕緣體兩側施加高壓，形成高強度電場，幫助電子通過氧化層運動進出浮閘，來寫入及擦除。

• Channel Hot Electron , CHE

- This method applies a **high voltage** to the **control gate**, so that the conduction **electrons** break through the barrier of the insulator and **enter** the **floating gate** under the action of the electric field, and vice versa, to complete the writing or erasing action.

這種方法在控制柵上施加高電壓，使導電子在電場的作用下突破絕緣體的勢壘進入浮柵，反之亦然，完成寫或擦除動作。



Fowler-Nordheim

- Fowler-Nordheim(FN)**

- It directly applies **high voltage** on both sides of the insulating layer to form a **high-strength electric field** to help electrons enter and exit the **floating gate** through the **oxide layer** channel.

它直接在絕緣層兩側施加高壓，形成高強度電場，幫助電子通過氧化層溝道進出浮柵。

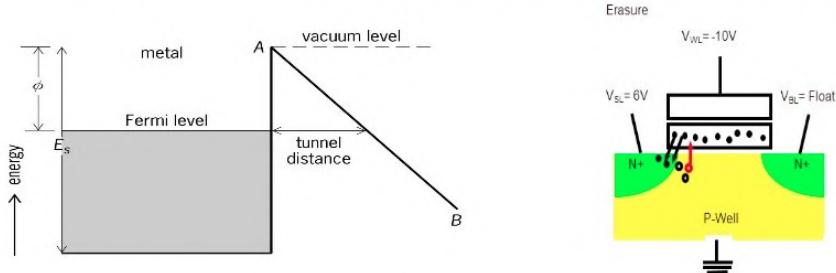
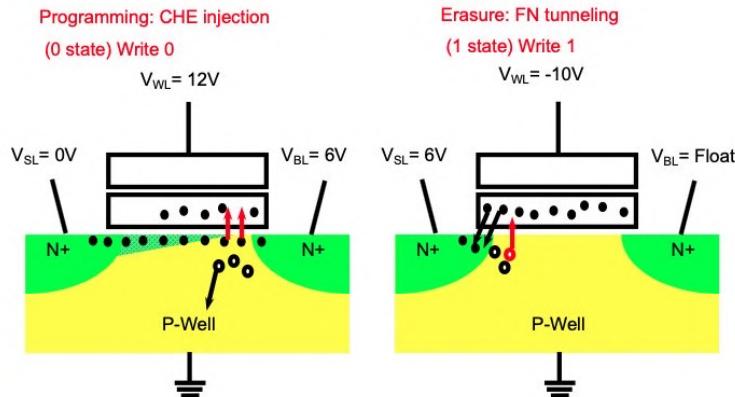


Diagram of the energy-level scheme for field emission from a metal at absolute zero temperature

40

Write and Erase

Program(1 to 0) with CHE (channel hot electron) injection
or Fowler Nordheim (FN) electron tunneling
Erase(0 to 1): with FN (Fowler-Nordheim) tunneling



41

(b).

The logical "0" or "1" is sensed by
whether a current through the transistor
when an intermediate voltage is on the CG.

Once the FG is charged->
increasing the threshold voltage (VT1) of the cell.

A higher voltage(VT2) on the CG to make the channel conductive.

At read, an intermediate voltage between the threshold voltages (VT1 & VT2) is applied to the CG.

If conducts, then 0 is stored.

If unconducts, then 1 is stored.

邏輯“0”或“1”由
是否有電流通過晶體管
當中間電壓在 CG 上時。

一旦 FG 充電 -> 增加電池的閾值電壓 (VT1)。
CG 上的更高電壓 (VT2) 使通道導通。
在讀取時，閾值電壓 (VT1 和 VT2) 之間的中間電壓被施加到 CG。
如果導通，則存儲 0。如果不導通，則存儲 1。

15. (5%) Describe what kind of technology and its function principle used in intel core to solve the problem of data transfer bottleneck between CPU and main memory.

- Cache

利用 Cache 將常用 Data 放在 CPU 的 memory 中，
減少外部記憶體的存取時間及次數。

Test 2.

1. (4%) Describe the reason that **AMOLED** can produce continuous light but **PMOLED** can't?

• AMOLED. (主動式矩陣有機發光二極體).

單純地以陰極、陽極構成矩陣狀，以掃描方式喚亮陣列中的像素，每個像素都是操作在矩形行模式下，為瞬間高亮度發光。

• PMOLED. (被動式矩陣有機發光二極體).

採用獨立的薄膜電晶體去複製每個像素，每個像素皆可以連續且獨立的高效率發光，可以使用低溫多晶矽或氧化物TFT驅動。

Note:

由OLED技術製造的屏幕，我們叫它OLED屏，OLED屏幕與LCD屏幕相比具有以下特點：

1. 屏幕可視範圍廣、對比度高、分辨率高、響應速度快，工作溫度還更寬。

2. 屏幕自發光、無需背光板，手機可以做到更輕，更薄，功耗也更低。

3. OLED由於不需要背光板，而且可以裝在塑料、樹脂等柔性基板上，所以，可以做成柔性屏，當然價格也相應更貴一些。

AMOLED是OLED的一種顯示技術，和它相對一種OLED技術是PMOLED。

他們兩者的區別在於像素的驅動方式。

在PMOLED中，每個像素的控制是通過一個復雜的電極網絡來實現的，從而實現某個像素的充放電。而AMOLED是在每個LED上都加裝瞭TFT和電容層，這樣在某一行某一列通電激活相交的那個像素時，像素中的電容層能夠在兩次刷新之間保持充電狀態，從而實現更快速和更精確的像素發光控制。

總體來說，AMOLED的控制方式速度相對較快，控制精度也更高，而且尺寸可以做的更大。所以，如今市面上高端手機、電視配備的OLED屏幕其實就是AMOLED屏。PMOLED屏已經非常少見，隻存在於早期的雙屏手機的外屏。

技術類型	AMOLED (Active-matrix organic light-emitting diode)	PMOLED (Passive matrix organic light-emitting diode)
反應速度	較快	較慢
色彩表現	全彩	單彩/區彩
能耗表現	較耗電	較省電
製程技術	較複雜	較簡單
生產成本	較高	較低

2. (4%) Describe the SWOT analysis of Taiwan LED industry.

Strengths	Weakness
產業結構完整 已具規模經濟	國內業者專利權有限 國內無法掌握LED專利權
Opportunities	Threats
可發展高利率產品 大陸LED 展業磊晶片、磊晶粒仍大量仰賴進口	美、日、歐盟各國在 白光LED 照明產業發展基集且有明顯計畫 大陸、韓國 業者在後追趕

3. (a) Describe briefly the operation principle of the resistive and capacitive type touch panel.

- Resistive Type. (电阻式)

当屏幕被触控时，下层ITO会感知电位讯号，
Controller 将电位讯号转为触控的x,y座标。

- Capacitive Type (电容式)

当使用者接触屏幕时，因为人体会导电，因此影响了面板的电容量，此时面板中的控制器就会依据手指与角落引脚的电流变化差异，推算出手指的位置和对应代表的功能。

3. (b) List one device that use the resistive and capacitive type touch panel

- Resistive.

→ PDA, 电子字典、信用卡签名机。

- Capacitive.

→ 智慧型手机。

Note:
Resistive vs. Capacitive.

Resistive v.s Capacitive

	電阻式	電容式
透光度	80%	91.5%
硬度	3H	7Mohs
準確率	98.5%	99%
反應時間	20ms	3 ms
操作高溫	50 C	70 C
抗UV	無	有
起始力量	50mg	0 mg

3. (c) Describe one technology that could threaten the current resistive and capacitive type touch panel industry and provide the reason.

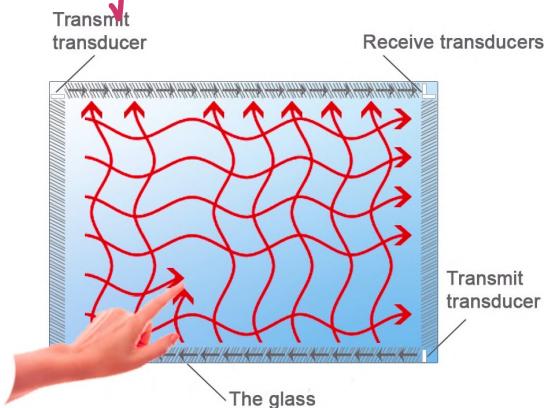
surface acoustic wave touch screen

表面音波式, (SAW)

SAW技術最重要的關鍵在於 transmit 100% light, 能給使用者一高清晰的螢幕。而其目前遇到的最大困境為脆弱。

一 特性。

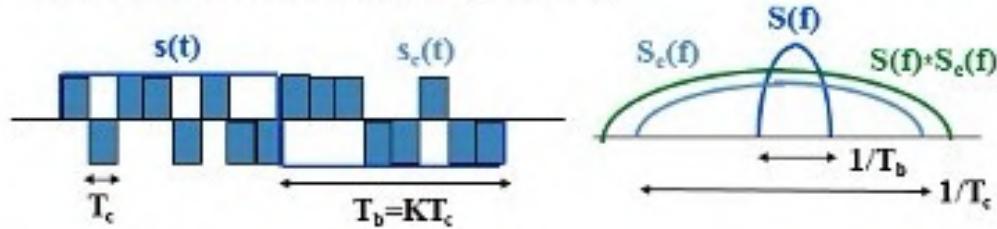
- 1. High throughput
- 2. High transparency
- 3. Long service life



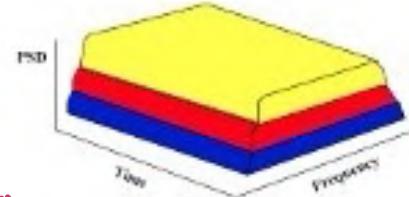
4. (2%) Brief describe the spread spectrum function in CDMA and the reason that this technology is good for reduce noise interference.

Direct Sequence Spread Spectrum 直序扩频

- Bit sequence modulated by chip sequence



- Spreads bandwidth by large factor (K)
- Despread by multiplying by $s_c(t)$ again ($s_c(t)=1$)
- Reduce ISI and narrowband interference



在接收端以先前 spread spectrum 的方式逆向操作，信号回復原本的 頻寬範圍，而干擾訊號反而被限開 故較佳的增益，但訊號因而容易串擾。

5. (4%) Which of the following technologies have secure protection function (a) CDMA (b) frequency hopping (c) OFDM (d) FDMA (e) OFDMA

(a) CDMA

(b) frequency hopping

(c) OFDMA.

Note:

多重接取(Multiple Access)技術，依方式分有

- FDMA(Frequency Division Multiple Access): FDMA的方式是在頻率上直接切割，將全數頻寬切成每個等寬頻帶的通道，每個通道可供一個用戶使用。

- TDMA(Time division multiple access): TDMA(如GSM)則是先切成幾個略小的頻帶(此一動作不是必須的，試系統而定)，然後每個頻帶上再切割成時間等長的時槽(Slot)，若干個時槽再結合成訊框(Frame)，每個訊框的第一號時槽組成TDMA的第一號通道，其餘依此類推，每一通道供一用戶使用，如此不同用戶的訊號便不至於重疊。

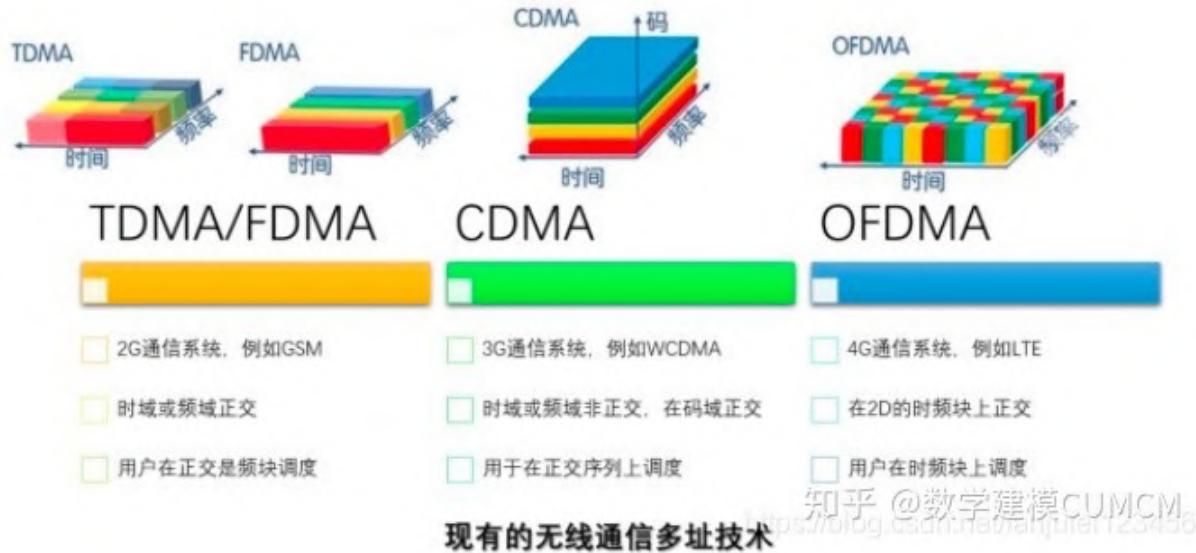
- CDMA(Code Division Multiple Access): 一個行動電話系統之容量就像一間會議室的空間，FDMA及TDMA就像是將大會議室分隔成許多小會議室，用戶要用時，就分派給一間小會議室，如此可以給多用戶使用；而CDMA則是不隔間，但不同用戶使用不同的展頻碼(Spreading Code)來調變，接收器可依不同展頻碼來過濾掉其他用戶訊號而取出需要的資訊。其優點如下：

- 1.CDMA可避免時序同步化的問題以及頻道分配的問題，它為完全非集中式以及完全動態方式
- 2.可以應用在保密和安全傳輸上
- 3.不需要同步 (asynchronous)
- 4.在理想無雜訊的CDMA系統中，容量(也就是工作站的數目)可以任意的大
- 5.任何工作站可以在整個頻譜上傳輸

- OFDMA(Orthogonal Frequency Division Multiple Access): 是OFDM技術的演進，使用者可以選擇頻道條件較好的子通道 (subchannel) 進行資料傳輸，一組使用者可以同時接入到某一頻道。OFDMA與CDMA不同處在於OFDMA使用大量的正交窄頻子載波 (subcarrier) 來承載資料，與CDMA用單一載波承載單一資料相比，OFDMA更能對抗多徑效應。其缺點如下：

- 1.OFDA的電子部分較複雜，包括快速傅立葉變換 (FFT) 和前向錯誤更正 (FEC) 技術。與結合了封包排程的OFDM相比，它也有功率不足的弱點。
- 2.如果分配到每個使用者的副載波很少，或者如果相同的載波被用於每個OFDM符號，頻率選擇性衰落和分集增益的優勢可能至少有部分損失。
- 3.處理自鄰近單元的同頻道干擾時，OFDMA比CDMA更複雜。

Compare.



Comparing Performance of TDMA, DS-CDMA, & OFDM Transceivers

	TDMA	CDMA	OFDM
Fade Margin (for mobile apps.)	Required for mobile applications	Modest requirement (RAKE gain vs power-control problems)	Required for mobile applications
Range	Very easy to increase cell sizes	Range increase by reducing allowed noise rise (capacity)	Difficult to support large cells (PA, AGC limitations)
Re-use & Capacity	Modest (in TDMA) and High in MC-TDMA	Modest	Re-use planning is crucial here
FEC Requirements	FEC optional for voice	FEC is usually inherent (to increase code decorrelation)	FEC is vital even for fixed wireless access
Variable Bit-rate Support	Low to modest support	Very elegant methods to support VBR	Powerful methods to support VBR (for fixed access)
Spectral Efficiency	Modest	Poor to Low	Very High (& Higher Peak Bit-rates)

6. (4%) How does OFDMA avoid signal alias in frequency band to extract the desired signal?

By applying a spreading code in frequency domain, multiple access in OFDMA is realized by providing each user with a fraction of the available number of sub-carriers. 通過在頻域中應用擴頻碼，OFDMA 中的多址接入是通過為每個用戶提供可用子載波數量的一小部分來實現的。

OFDMA avoids the relatively large guard bands that are necessary in FDMA to separate different users.

7. (4%) List at least three functions are implemented in the cell phone baseband IC and describe their operation principles

- Source encode/decode
- CRC :
 - 主要用來檢測或校驗資料傳輸或者儲存後可能出現的錯誤。生成的數字在傳輸或者儲存之前計算出來並且附加到資料後面，然後接收方進行檢驗確定資料是否發生變化。
- Mod/DemoD
 - 是一種將一個或多個週期性的載波混入想傳送之訊號的技術，常用於無線電波的傳播與通訊、利用電話線的資料通訊等各方面。依調變訊號的不同，可區分為數位調變及類比調變，這些不同的調變，是以不同的方法，將訊號和載波合成的技術。調變的逆過程叫做「解調」，用以解出原始的訊號。

8. (6%) List at least three functions are implemented in the cell phone RF transceiver IC.

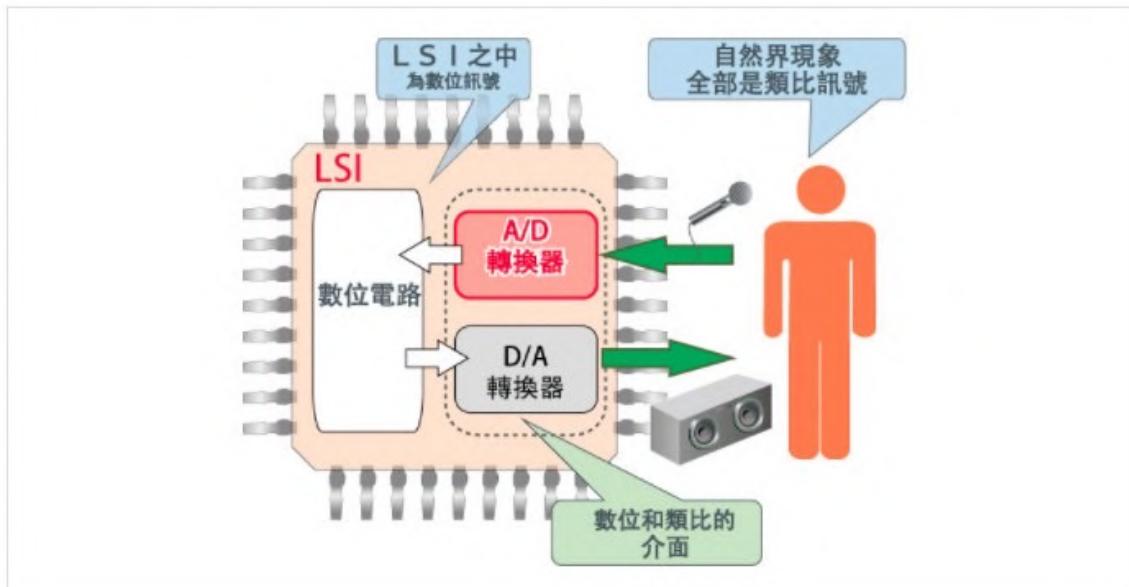
- A/D, D/A converter, Mod/Demod with Carrier Frequency, AMP/LNA

Note:

A/D 轉換器。

A/D轉換器

A/D轉換器是將自然界現象（各種應用裝置）發出的類比訊號，轉換成數位訊號（A/D轉換）的機器。轉換時，會經過標本化→量子化→符號化的一連串步驟，將類比訊號轉換成數位訊號。



9. (3%) Blue-ray technology is based on LED emitting blue light. What is energy band gap difference between LED and regular diode. List a semiconductor material that can be used to produce blue LED.

能隙

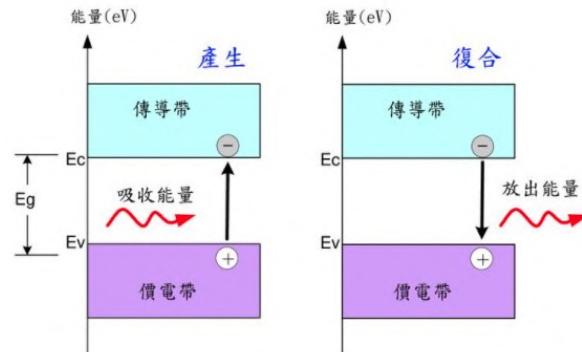
- Indirect bandgap 不能猝光 ex. silicon.
- Direct bandgap release energy 可猝放能量
ex. Gallium Arsenide.

Note.

- 發光二極體 (Light Emitting Diode, LED).
- Indirect Bandgap 間接能隙
 - regular diode \Rightarrow Si
 - 由於電子從價導帶往導電帶進行複合時，須加上聲子為維持動量守恆定律，故在過程中電子消耗多餘的能量，僅釋放弱光而已，無法看到光。
- Direct Bandgap
 - 半導體價導帶頂端之電子功能與導電帶頂端之電子功能相等，ex. 硅化鎳、磷化鎢鎵、氮化鎵，可看到光。 GaAs GaP GaN .

1-1 發光二極體的發光原理

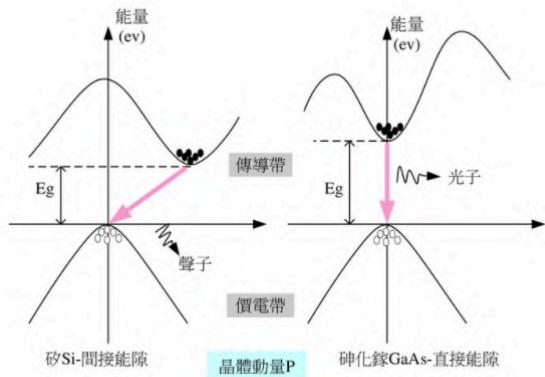
- 當PN接面加入順向偏壓時，P型區的多數載子電洞會往N型區移動，而N型區的多數載子電子則往P型區移動，最後電子與電洞兩載子會在PN接面之空乏區複合，此時因電子由導帶移轉至價帶後喪失能階，同時以光子的模式釋放出能量而產生光。而LED之能量是以散射光的方式釋放，屬於冷性發光，與藉由加熱發光的白熾燈或藉由放電發光的日光燈之發光原理不同。



圖(5) 電子電洞對的產生與複合

間接能隙與直接能隙半導體

- 能帶圖除上次PN接合面提過的表示方式外，還有另一種表示方法，是以動量為橫座標，能量為縱座標，當導帶的谷值和價帶的峰值不在同一水平位置，即有動量差時，此材料稱為間接能隙元件，如矽。反之如兩者在同一水平位置，即沒有動量差時，稱為直接能隙元件，如砷化鎵



圖(1) 間接能隙與直接能隙之能帶圖

10. (4%) Qualcomm snapdragon SOC chips is adopted in mobile cell phone. Make a SWOT analysis for Qualcomm in the mobile cell phone market.

Strengths	Weakness
Qualcomm在LTE技術更具備充足技術優勢，顯示本身在5G連網發展仍比Intel等競爭對手具備市場優勢	5G智慧型手機需要新的天線，是因為5G包含之前未曾廣泛使用的高頻毫米波，高頻毫米波的數據傳輸速度更快，不過缺點是穿透力不足、傳輸距離過短。
Opportunities	Threats
高通推出X50 5G modem成為行動裝置端和電信商部分的重要連接點	Threat:自2017年底至今，晶片廠商紛紛搶攻5G晶片布局，高通、英特爾、華為、聯發科已發佈3GPP標準的5G基頻晶片，預計搭載這些晶片的終端將在2019年面世，其他競爭對手在5G市場仍有不少機會。

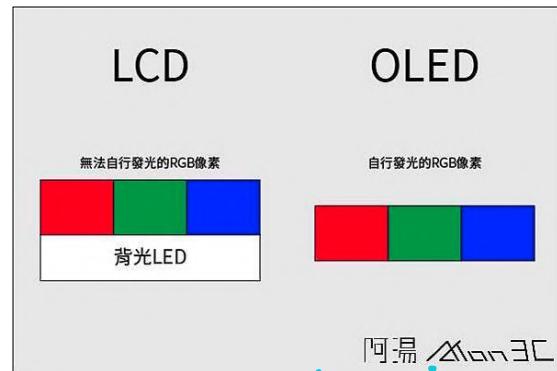
11. (4%) What is the operating principle of OLED? What is the reason that OLED has better contrast than LCD?

- 有機發光二極體基本結構是由一薄而透明具半導體特性之銦錫氧化物（ITO），與電力之正極相連，再加上另一個金屬陰極，包成如三明治的結構。整個結構層中包括了：電洞傳輸層（HTL）、發光層（EL）與電子傳輸層（ETL）。當電力供應至適當電壓時，正極電洞與陰極電子便會在發光層中結合，產生光子，依其材料特性不同，產生紅、綠和藍三原色，構成基本色彩。

- 自體發光的特性使得OLED相對於LCD有更好的對比度

Note:

LCD需要一片背光LED來做為發光源，LCD的RGB像素本身並不會發光，所以需要一塊LED來照射RGB像素點，藉以讓使用者看到顏色；但是OLED螢幕的像素點，本身就會發光，少了LED背光，耗電降低、厚度變薄、黑色也變得更黑 (LCD的"黑"因LED背光照射，使得其"黑"不如OLED的"黑")，而因OLED是由有機分子製成，相較於LCD硬梆梆的半導體，OLED可以彎曲，而使的許多廠商運用OLED做出了許多亮眼的設計。如曲面螢幕、螢幕下指紋辨識。



阿湯 / Man3C

LCD 與 OLED 比較

	LCD	OLED
材料特點	採用金屬材料	採用有機物材料
發光特點	通過背光源發光，讓液晶分子折射產生各種不同的顏色	自身能夠發光，因此不需要背光源
厚度重量和功耗	厚度較厚，比較重，功耗高	厚度可以小於1毫米，僅為LCD屏幕的1/3，重量更輕，功耗低
色彩和清晰度	色彩飽和度與清晰度難大提升	色彩飽和度與清晰度更佳
成本	生產成本較低	生產成本較高
使用壽命	至少1萬小時	5,000小時，並有提升空間

製表：記者 李昌鴻

OLED缺點

1. 烙印、色衰

2. 閃屏 :閃屏指的是螢幕已低頻率閃爍，雖然視覺上看不出閃爍，但對於人可能會較易產生視覺疲勞，原因在於OLED的調光方式。調光，指的是螢幕調整亮度的方式，目前有兩種

@PWM調光

pwm調光指的是調整脈波頻率或是脈波寬度來使人眼覺得畫面亮度變暗或亮，問題在於閃爍，閃爍使的部分人士會產生疲勞感，然而OLED螢幕皆使用PWM調光，閃爍頻率大都在200HZ左右；且由於PWM調光並非真的調亮度，所以當眼睛直視螢幕時，螢幕還是以最大亮度來顯示，只是人眼因閃爍而認定螢幕變暗了。

@DC調光

Dc調光指的是透過調整電壓來控制螢幕的亮度，但這方案有缺點1. 麻煩 2.LED會因電壓的改變而微微改變顏色，所以有些高階LCD螢幕不使用DC調光，而是使用超高頻PWM來調整亮度。

12.

(3%)List three factors that could increase the data transmission rate in 5G.

(3%) For each of them, briefly describe the operation principle and the reason to raise speed.

- 512-QAM或1024-QAM

- 5G將採用512-QAM或1024-QAM更高的資料壓縮密度調變/解調變器，目前4G使用256-QAM或64-QAM的調變以壓縮傳輸資料，使得傳輸的資量得以增加

- 毫米波通訊 mmWave.

- 5G將採用28GHz毫米波通訊，而毫米波頻段能提供相當大的可用頻寬

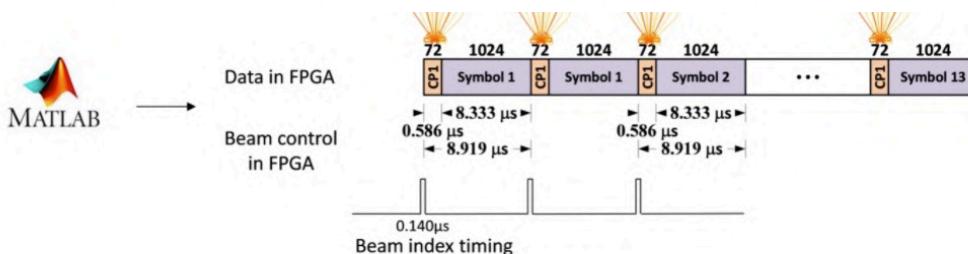


圖3 5G毫米波於5G NR標準傳輸規格下之波束控制實例

⇒ Sub-6GHz → 低頻.

- MIMO

- 其核心概念為利用多根發射天線與多根接收天線所提供之空間自由度來有效提升無線通訊系統之頻譜效率，以提升傳輸速率並改善通訊品質。

→ beamforming, beam steering. 技術。

使訊號聚焦於各別使用。

13. (10%) Describe the operation principle of MIMO. Describe two advantage of two disadvantage of MIMO.

MIMO (Multiple Input and Multiple Output) 技術採用智慧型天線，從無線電波的物理特性下手，智慧型天線則協助無線基地臺在發送或接收時，將訊號匯聚到特定方向，而且無線基地臺端與無線網卡端都採用智慧型天線設計，透過增加天線的數目，能有效提升無線傳輸效率。

根發送天線多輸出與多根接收天線多接收技術提供空間自由度來有效提升無線系統之頻譜效率

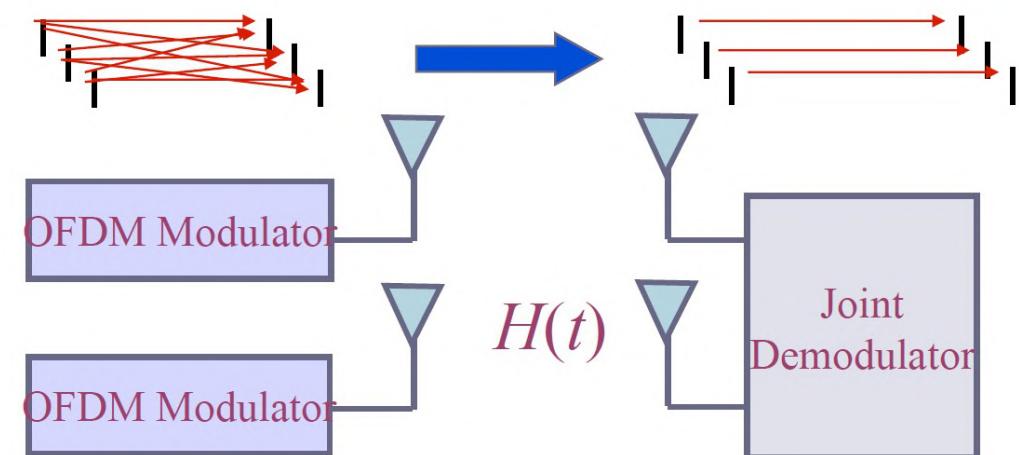
PROS:

- higher data rate -> achieving higher downlink and uplink throughput
- The wide coverage supported by MIMO system helps in supporting large number of subscribers per cell.
- The systems with MIMO offers high QoS (Quality of Service) with increased spectral efficiency and data rates.

CONS:

- The hardware resources increase power requirements.
- Resource requirements and hardware complexity is higher
- cost higher

MIMO systems have multiple (r) transmit and receiver antennas



OFDM-Orthogonal Frequency Division Multiplexing 正交分頻多工,是一種高效率的多通道調變解調變技術。利用離散快速傅利葉轉換(FFT)和反快速傅利葉轉換(IFFT)來調變和解調變傳送的訊號。可使用的頻寬被劃分為多個狹窄的頻帶，資料就可以被平行的在這些頻帶上傳輸。

MIMO和OFDM(正交頻分多工)的結合:

OFDM	優點	缺點
1	免除延遲擴散與多路徑效應影響	需要精確的同步
2	可對抗頻率選擇性衰減	在傳送、接收端都需要FFT元件
3	只需要較簡單的等化器	對頻率偏移很敏感
4	有效率地運用頻寬	高峰值對平均功率比例

14. (4%) In 4G and next generation multiplexing methods, OFDM is preferred than CDMA. Please describe two factors of CDMA and its reason that may prevent its adoption.

- OFDMA 比原本CDMA 的技術更有彈性 -在一個基地臺內，某些使用者只是講電話或使用線上交談，並不會傳輸很多的數據，但另一部分的使用者，同時間可能在下載檔案或看線上影片。
- CDMA一般都是採用高通的晶片，由於高通高昂的專利費用，所以在功能配置差不多的情況下CDMA的機比GSM機要貴。
- 生產廠家太少，機種單一，由於高通的專利，CDMA機子的功能都差不多，擴展性差很難得到消費者的關注。

15. (4%) Which of the following materials are manufactured by the process of MOCVD? (a) Alq3 (b) Spiro-NPB (c) AlGaAs (d) ZnSe

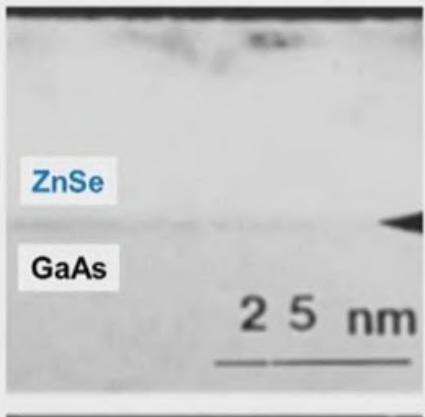
(c) AlGaAs (d) ZnSe

- MOCVD是在基板上成長半導體薄膜的一種方法。
- MOCVD成長薄膜時，主要將載流氣體(Carrier gas)通過有機金屬反應源的容器時，將反應源的飽和蒸氣帶至反應腔中與其它反應氣體混合，然後在被加熱的基板上面發生化學反應促成薄膜的成長。
- 所成長的薄膜材料主要為三五族化合物半導體（例如：砷化鎵 (GaAs)、砷化鎵鋁 (AlGaAs)、磷化鋁銦鎵 (AlGaInP)、氮化鎵 (InGaN)）或是二六族化合物半導體，這些半導體薄膜則是應用在光電元件（例如：發光二極體、雷射二極體及太陽能電池）及微電子元件（例如：異質結雙極性電晶體）及假晶式高電子遷移率電晶體 (PHEMT)）的製作。

Blue LED

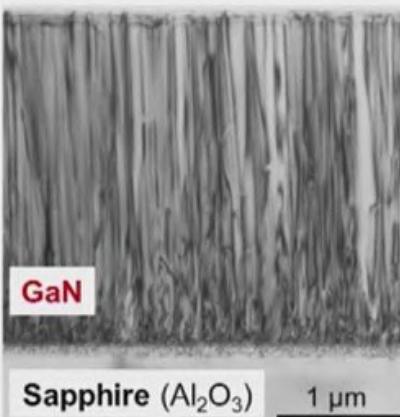
For blue LED two choices:

Zinc Selenide (ZnSe)



Cross section TEM (Kuo et al., APL 68 (1996) 2413)
High Quality

Gallium Nitride (GaN)



Cross section TEM of GaN on Sapphire, F. Wu et al., UCSB

Poor Quality
(Black Lines are Defects)

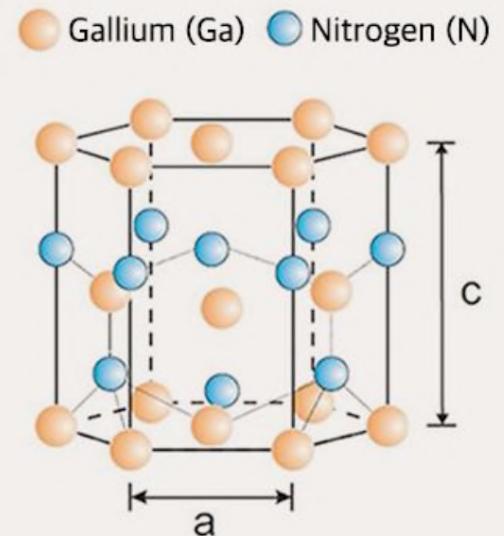
- Materials for blue light-emitting diodes include ZnSe, SiC, and GaN.
- GaN is the main material for blue LED

Structure of Gallium Nitride (GaN)

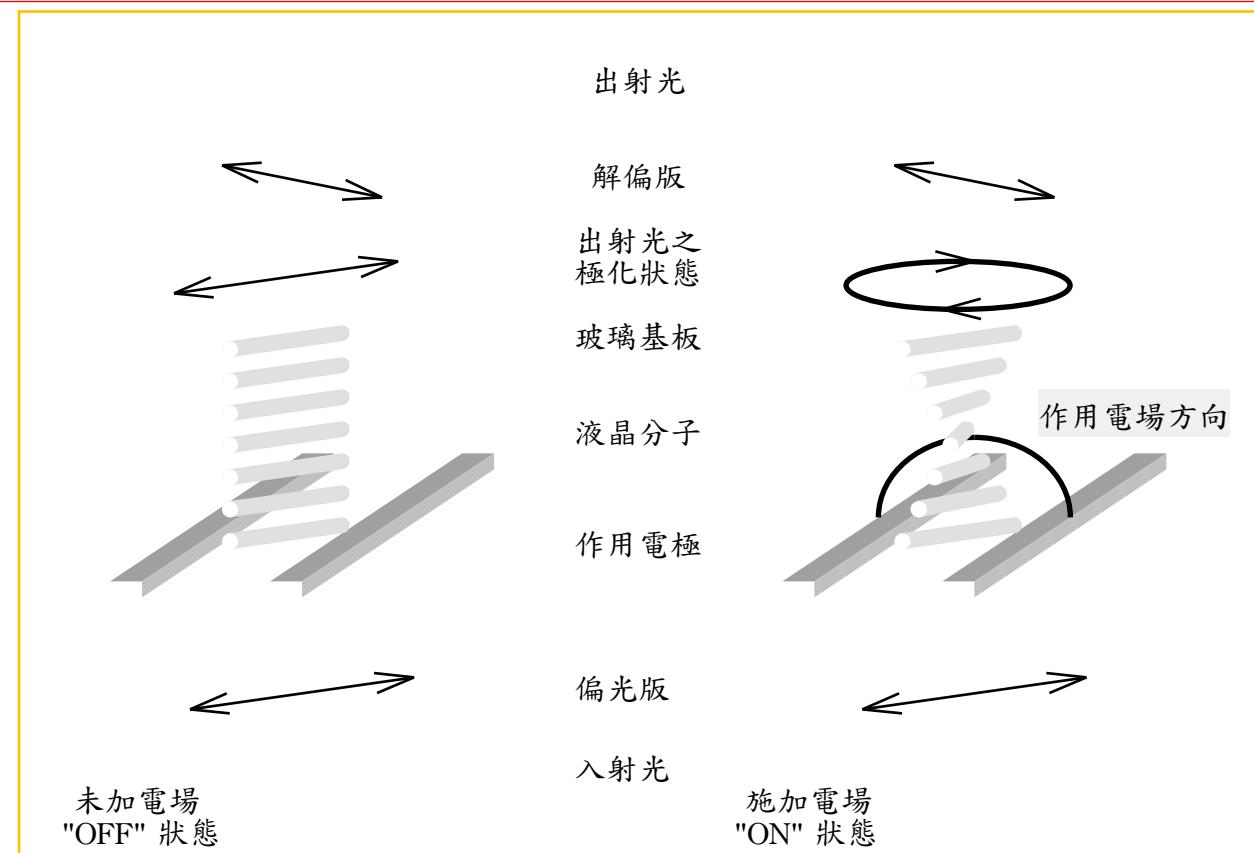
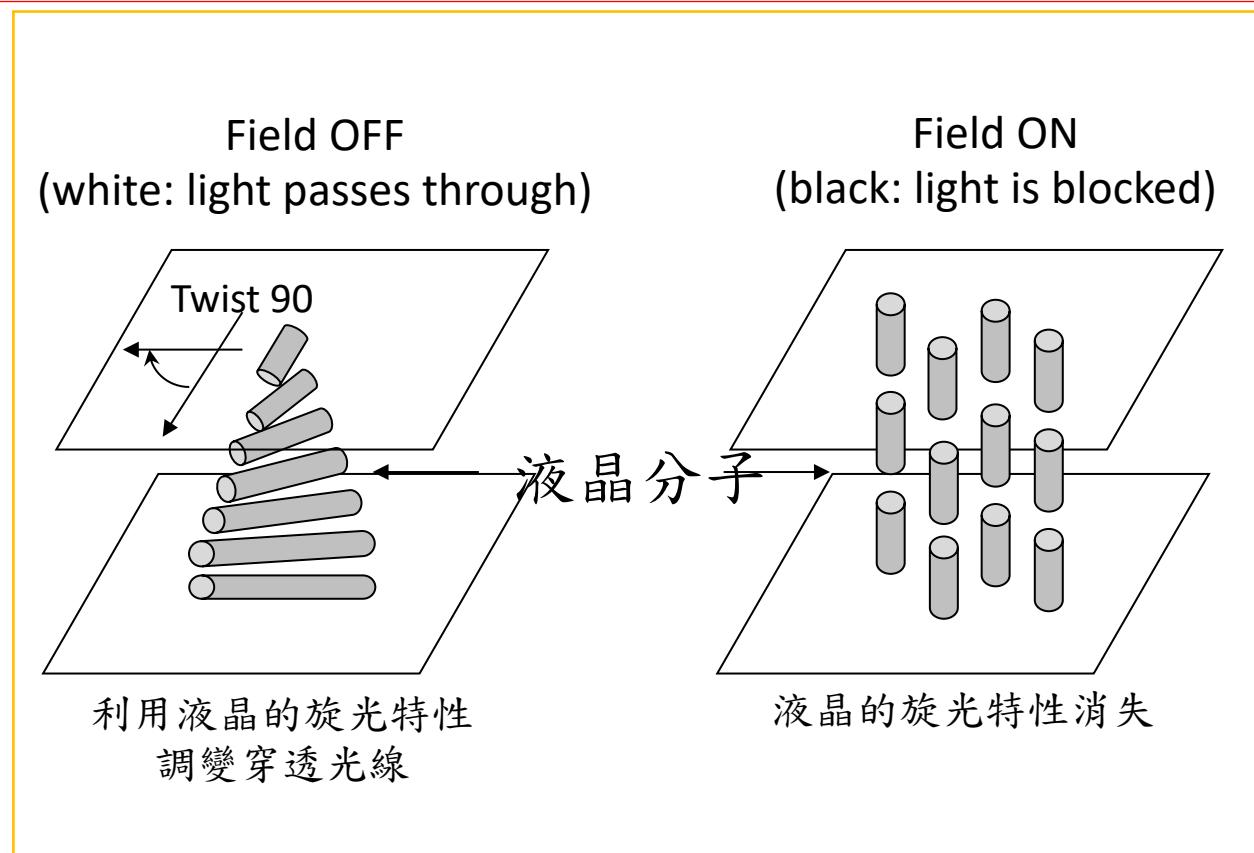
A hexagonal wurtzite crystal structure, where the lattice constants of a-axis (horizontal) and c-axis (vertical) are different from each other

Main Features of Gallium Nitride (GaN) Semiconductors

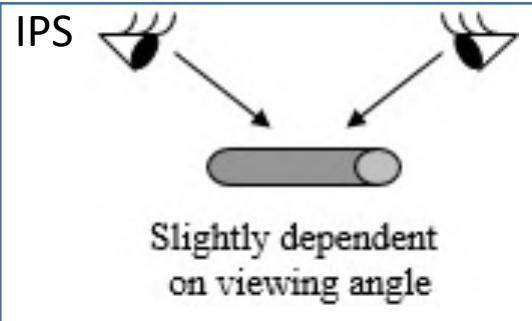
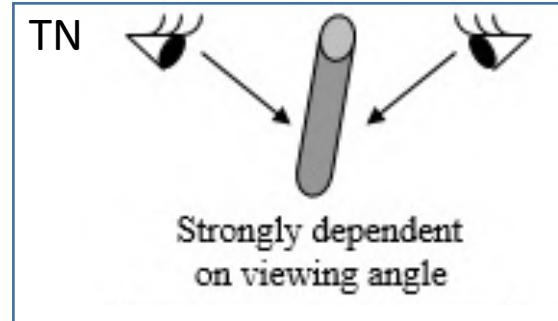
- Usable in environments with high pressure and high temperature
- Big energy difference between the conduction band and the valence band
- Quick signal switching speed
- Low energy loss rate



16. (6%) Describe the operational principle of TN and IPS LCD. What is the reason that IPS has wider view angle than TN?



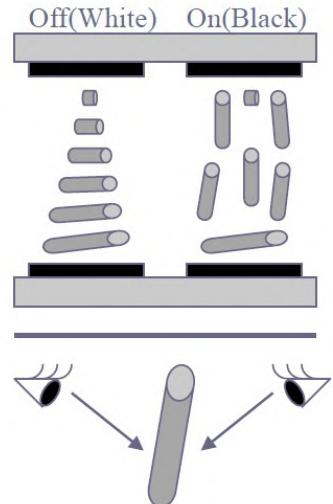
TN 型 LCDs 顯示原理



IPS型 LCDs 顯示原理

液晶分子排列方式的差異，使IPS具有比TN更寬的視角。

TN

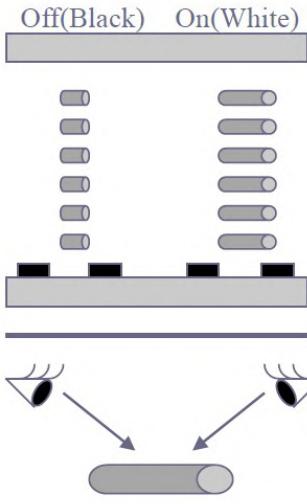


Strongly dependent
on viewing angle

○ 低驅動電壓

✗ 視角窄小(low-end display)

IPS



Slightly dependent
on viewing angle

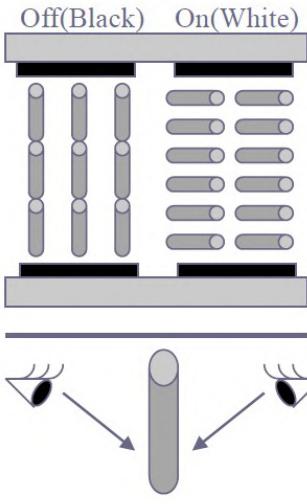
○ 廣視角(High end display)

✗ 液晶反應速度慢

✗ 畫面對比低

✗ 畫面品質差

VA



Slightly dependent
on viewing angle

○ 畫面對比高(high end display)

○ 廣視角

○ 液晶反應速度快

○ 彩色畫面顯像佳



Response Time

<1ms

4-5ms

1-2ms

Color

Poor

Good

Best

Contrast

Good
1000:1

Best
3000:1

Good
1000:1

Viewing Angle

170/160

178/178

178/178

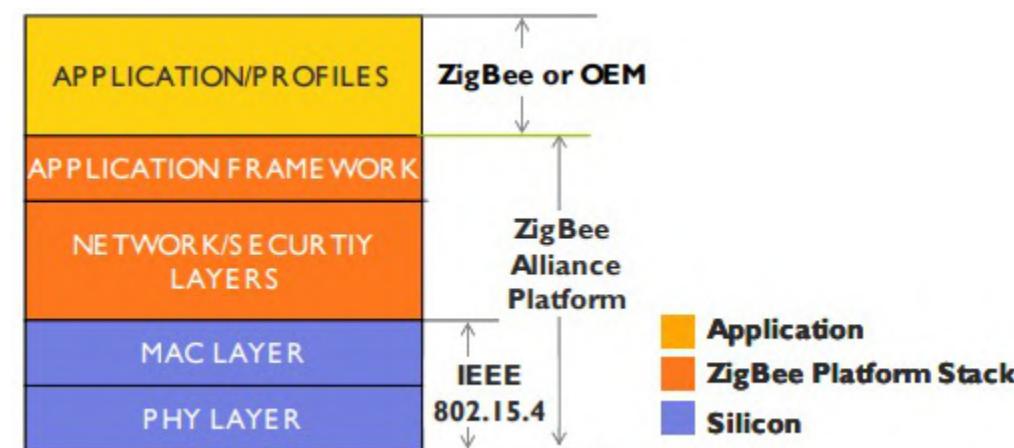
17. (i) (2%) For the following application on connecting the all electrical meters(電表) in the city by the concept of Internet of thing, which kinds of wireless technology is more suitable (a)Wi-Fi (b) RFID (c) Bluetooth (d) Zigbee (e)NFC
(ii) (4%) Explain the reason.
(iii) (4%) Which of the communication scheme is used

(i) (d) Zigbee

(ii)

- 低成本、低功耗
- 簡化協議，用以降低通信控制器的要求
- ZigBee協議專利免費
- 低速率 - 工作於250kbps的通訊速率，符合低速率傳輸需求
- 短時延 - 睡眠轉入工作狀態只需 15ms
- 節點進入網路只需 30ms
- 高容量 - 可採用Star、Tree及Mesh網路結構
- 最多可組成65000個節點的大網
- 高安全 - 128 bit AES

(iii) IEEE 802.15.4為基礎之無線通訊協定，低速率無線個人區域網路(Low-Rate Wireless Personal Area Network, LR-WPAN)



18. (5%) Describe the reason that Zigbee consumes less power than Bluetooth for their wireless communication technologies?

3大無線標準 各項	WiFi	藍牙	ZigBee
台灣適用頻段	2412 ~ 2461MHz、 5250 ~ 5350MHz、 5470 ~ 5725MHz、 5725 ~ 5825MHz	2.4GHz	2.4GHz, 800MHz and 900MHz
最高傳輸速率	300 Mbit/s	24 Mbit/s	250Kbps
可傳輸距離	100-300M	10-100M	50-300M
安全性	普通	高	中
功耗	高	中	低
成本	高	中	低
應用範圍	廣泛應用於手機、平板、桌電、 筆電、數位電視等各類可連接無 線網路的裝置	適用於手機、平板、桌電、筆 電、電腦周邊、數位電視、遊 戲機、耳機、立體音頻串流、 汽車、穿戴裝置	專注於各種自動化設備、無線感應 裝置、遠端遙控設備

Wi-Fi、藍牙、ZigBee比較表

- ZigBee的溝通只專注在感應和控制，因此其傳遞的訊息量是很小的，並且由於設備不用一直常開，在這樣的應用方式下也導致其與Wi-Fi和藍牙相較，是最為省電的一種無線通訊技術

19. (4%) To connect a wearable device with cell phones, which of the following technology is better (a)Wi-Fi (b) RFID (c) Bluetooth,(d) Zigbee (e)NFC (6%) List three reasons for that.

(c) Bluetooth

- 加密措施完善
- 傳輸過程穩定
- 兼容設備豐富

1. (3%) (a) Which of the following interconnect using serial link (a) USB (b) LVDS (c) iDP (d) PCIe (e f) SATA (g) DDR
(2%) (b) Describe two reasons that serial link is used in high speed interconnect.
(2%) (c) How is an embedded clock retrieved from the serial link?

(a)

serial communication : (a) USB (d) PCIe (e f) SATA

(b)

parallel link 有inter-symbol interference的問題，使其不適合進行長距離的data 傳輸

Skew between data lines 的問題，也導致parallel link 有可能需要利用 pad bits 的方式來確保data不會失真。但這樣的解決方案也會增加speed 的cost

serial link 也比較不會受到noise的影響，使其可以用較高的Signal-to-Noise Ratio , reliably的傳輸data

Current high resolution and high frame rate display will require TCON- panel **interface speed to be accelerated** with moderate H/W and space, getting high speed serial interface popular.

(c)

通常需要額外的Clock Recovery circuit 來輔助實行clock and data recovery。



Parallel vs Serial

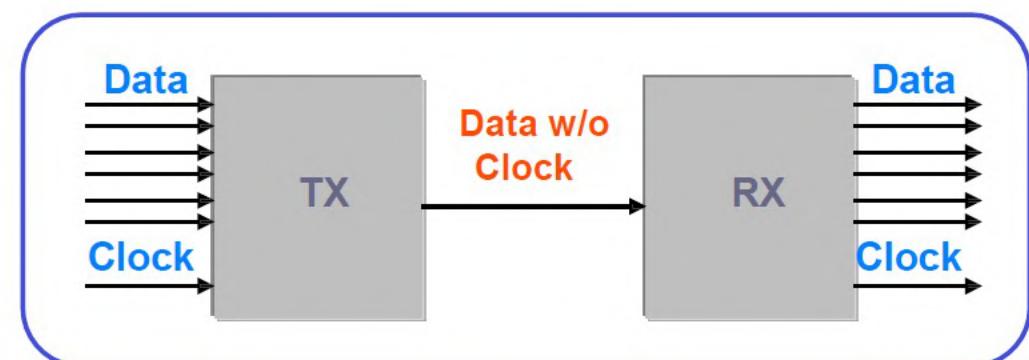
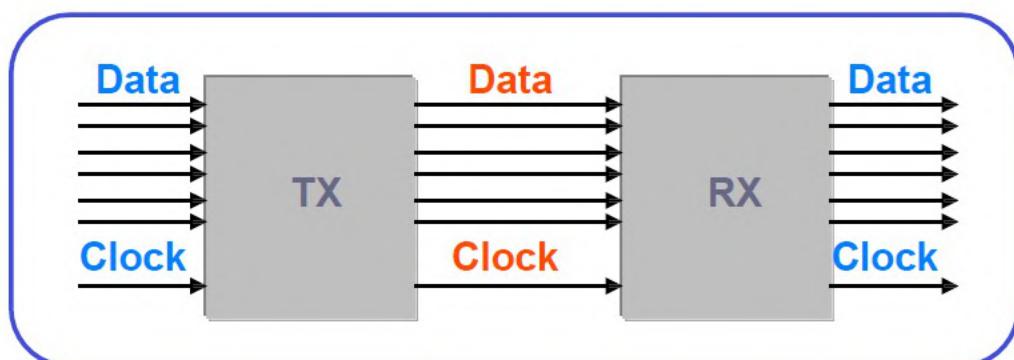
Parallel

vs.

Serial

- Familiar and quickly implemented
- Fast reaction time
- No Link layer required
- Source synchronous clock required
- Skew between data lines

- Much higher speed
- No skew : Longer distance
- Clock embedded in data
- Reduction of signal line counts
- Heavy Link layer



2. (3%) (i) Which of the following are required in the Global Position System (GPS) chip design in a cellphone?

- (a) DRAM
- (b) Low Noise Amplifier
- (c) RF front end receiver
- (d) MPEG Codec
- (e) DSP

(2%) Describe the reason that GPS chip consumes large power.

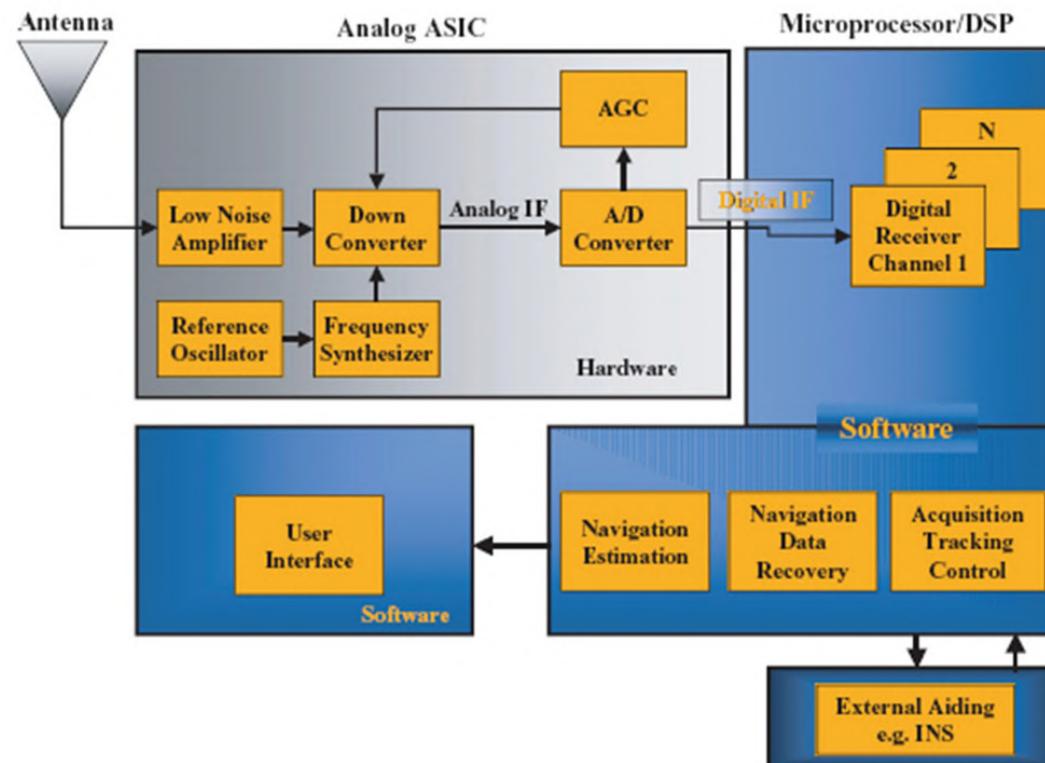
(i)

- (b) Low Noise Amplifier
- (c) RF front end receiver
- (e) DSP

(ii)

由於 GPS 衛星位於地表上空 20,200 公里之處，其所發射的訊號至地面時已衰落到十分微小的階段，因此接收器本體需要極佳的訊號偵測接受能力，並且接收器需不斷接受來自 GPS 衛星的訊號做連續定位與導航之用，因此相當耗電

開啟GPS後，GPS的CPU必須不斷用無線電（已經耗電）捕捉衛星傳送的訊號，並接收發送來的資料包，然後它必須解碼和處理它們，執行計算分析結果，並在某些情況下繪製一個地圖或資料包給資訊的應用程式。



GPS 訊號經過射頻前級和類比訊號條件處理之後利用 ADC 轉換成數位訊號後，再利用主機的 DSP 或 CPU 進行數位訊號處理和位置的解算

Chip architecture of GPS

■ Antenna Element

- The main task is to receive signals from GPS satellites.

■ Low Noise Amplifier (LNA)

- Used to amplify GPS signals.

■ RF section

- Convert the received GPS RF signal (1575.42MHz) into a lower intermediate frequency (20.46MHz), and then into a 4MHz digital signal.

■ Digital Section

- Deal with GPS signal processing and digital sampling.

■ Microprocessor

- Part of the tracking factor is based on the distance measured by the tracking and the Doppler effect and control number of the satellite.
- Collect navigation data in GPS signals and orbit and clock data of each GPS satellite.
- Calculate position and speed based on the measured Doppler effect and satellite orbit distance.
- Use chopping phase measurement to increase the measurement of timely movement time.
- Handling user application interface.

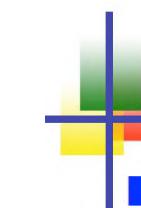
3. (4%) To connect a wearable device with cell phones, which of the following technology is better (a) Wi-Fi (b) RFID (C) Bluetooth,(d) Zigbee (e) NFC

(6%) List three reasons for that.

(i) (C) Bluetooth

(ii) 功耗低、可靠性高、傳輸速度快

	NFC	RFID	Bluetooth	Zigbee	Wi-Fi
Maximum Operating Range	10 cm	0.01-100m	10 m	10-100 m	~46m(2.4G)
Operating Frequency	13.56 MHz	Varies ¹	2.4 GHz	868/915 MHz	2.4G/5G/6GHz
Directional Communication	Two way	One way	Two way	Two way	Two-way
Bit Rate	106/212/ 424 Kbps	1-200Kb/s	1~48 Mbps	250kbps	54M~6933Mbps
Potential Uses	e-Tickets, Credit card payment, Membership card	Tracking items, EZ-Pass	Communicate between phones, peripheral devices	Text/IoT	Indoor Data
Modulation Schemes	amplitude shift keying (ASK)	amplitude shift keying (ASK)	Gaussian Frequency Shift Keying (GFSK)	Orthogonal Quadrature Phase Shift Keying (OQPSK)/64QAM	Phase Shift Keying (OQPSK)/64QAM
Multiplexing	--	--	time division multiplexing	Direct Sequence Spread	OFDM



Requirements

Power consumption

- ARM CPU
- MCU (Microcontroller Unit)
- Low-Power Wireless Technique
 - BLE (Bluetooth Low Energy)

Wireless communication

- Wi-Fi, Bluetooth Low Energy (BLE), and Zeebee (IEEE 802.15.4) based proprietary protocol

Sensor

- Accelerometer
- GPS (global position system)
- Biometric/pressure

Short range wireless application areas

	Voice	Data	Audio	Video	State
Bluetooth ACL/HS	x	y	y	x	x
Bluetooth SCO/eSCO	y	x	x	x	x
Bluetooth low energy	x	x	x	x	y
Wi-Fi	(VoIP)	y	y	y	x
Wi-Fi Direct	y	y	y	x	x
ZigBee	x	x	x	x	y
ANT	x	x	x	x	y

State = low bandwidth, low latency data

Low Power

4. (6%) To achieve interaction between game console and players in the Xbox Kinect, describe the techniques to achieve the following task. (a) distance of an object (b) body and gesture recognition and tracking.

- (a)

- 可利用 Light coding 的技術進行深度量測
- Kinect可以用紅外線發出人眼看不見的**class 1**雷射光，透過鏡頭前的**diffuser**（光柵、擴散片）將雷射光均勻分佈投射在測量空間中，再透過紅外線攝影機記錄下空間中的每個散斑，擷取原始資料後，再透過晶片計算成具有3D深度的圖像

- (b)

- 可利用3D深度圖像轉換到骨架追蹤系統，再利用機器學習技術等辨識技術，來辨認手、腳以及其他身體部位

5. (4%)(a) For a wearable wrist watch that can measures the pace count, what kind of a sensor is used. (6%)

(b) What kind of semiconductor devices is used and describe its operation principle.

- (a) Accelerometers

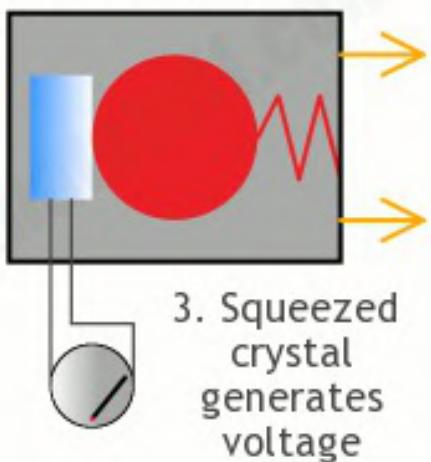
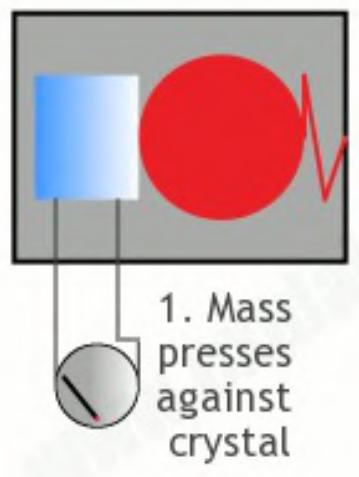
- (b)
 - Pressure sensor like Piezoresistive Pressure Sensors.

可設計如下圖之結構。測量時，將感測器基座與試件剛性地固定在一起。當感測器受振動力作用時，由於基座和質量塊的剛度相當大，而質量塊的質量相對較小，可以認為質量塊的慣性很小。因此質量塊經受到與基座相同的運動，並受到與加速度方向相反的慣性力的作用。這樣，質量塊就有一正比於加速度的應變力作用在壓電晶片上。, 偵測目前裝置在環境中的加速度。再利用這個資訊，經過一些演算法的計算，算出目前已行走的步數

Piezoelectric accelerometer

www.explainthatstuff.com

2. Mass squeezes crystal



3. Squeezed crystal generates voltage

6. (2%) (i) Which of the following are interfaces for box-to-box connect? (a) LDVS (b) iDP (C) HDMI (d) DP.

- (c) HDMI
- (d) DP

LVDS是一種小振幅差分信號技術，使用這種技術傳輸速率可以達到數百兆，甚至更高； LVDS具有更低的功耗、更好的噪聲性能和更可靠的穩定性。簡要地介紹了LVDS的原理及優勢，分析了LVDS接口設計要注意的問題，著重研究了LVDS與LVPECL、CML間的接口設計；同時給出了不同耦合方式下的電路設計圖。

Box-to-Box Interface : HDMI



HDMI

- Initial release in 2002; Currently HDMI 2.1 released in 2009
- Industry de facto standard for Consumer Electronics
- Networking feature added (LiquidHD)
- Companion Interface Standard introduced (MHL, SPMT)
- Needs royalty / licensing fee

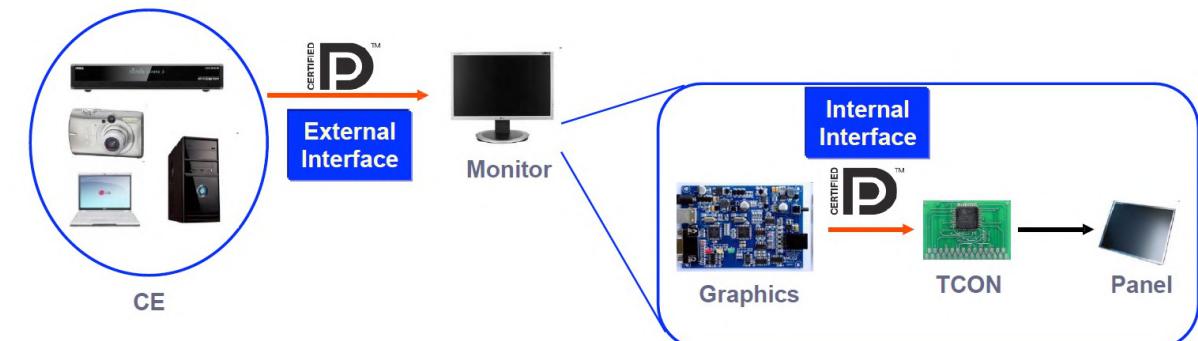


Box-to-Box Interface : DP



DisplayPort (DP)

- Initial released by VESA in 2006; currently DP 1.2 in 2010
- Intended for both External and Internal interfaces
- Open standard; royalty-free
- Several Derivatives : eDP, iDP, tDP
- PC & Monitor application



Box-to-Box Interface : DIIVA

DIVIA (Digital Interactive Interface for Video and Audio),
DIVA (Digital Interface for Video and Audio)



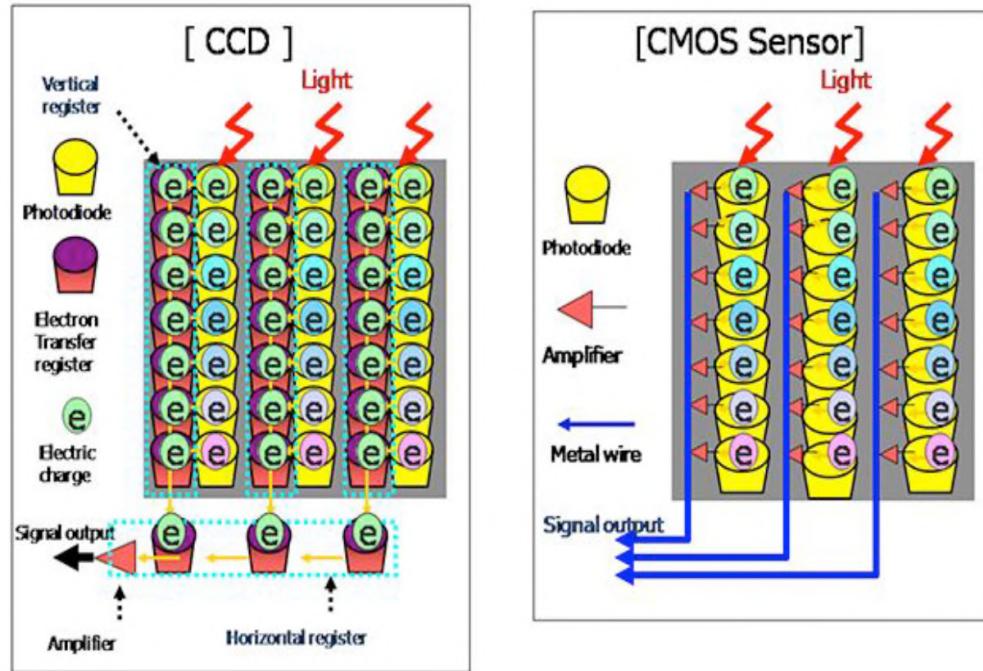
- Initial released by DIIVA Consortium in 2009
- Originally designed for Home Entertainment Networking
: Unification of 3 packet types (Video, Data, Power Control)
- Flexible connection (Daisy Chain or Switch configuration)
- Operating over standard Ethernet cable
- Under promotion



	HDMI	DisplayPort	DIIVA
First Release	2002/2017	2006	2009
Current version	HDMI 1.4/2.1	DP 1.2	DIIVA 1.0a
Controlling Authority	HDMI LLC	VESA	DIIVA Promoter
Content Protection	HDCP	DPPC / HDCP	HDCP / DTCP-IP
Bit rate / pair	Up to 3.4Gbps/48Gbps	1.62/2.7/5.4Gbps	4.5Gbps
Max. total capacity	10.2Gbps	21.6Gbps	13.5Gbps
No. of clock ch.	1	0	0
No. of video ch.	3	1/2/4	3
AUX channel	DDC	AUX	Hybrid Link
Channel coding	TMDS	8b/10b	8b/10b
Major Application	TV	Monitor	Home Networking
Ethernet	100Mbps	720Mbps	Gigabit
USB	No	Yes	Yes
Remarks			Bidirectional Power Over DIIVA

7. (2%) (i) For optical camera sensor, which of the following sensors have less noise? (a) CMOS sensor (b) CCD sensor.
(4%) (ii) Briefly describe the reason for 7(i).
(2%) (iii) Which of the sensors in 7(i) can't use the same semiconductor process?
(2%) (iv) Describe the for 7(iii).

- (i) (b) CCD sensor sensors have less noise
- (ii) CMOS每個感光二極體旁都搭配一個 ADC 放大器，每個放大器在製程上都會有些微的差異，很難有同步放大的效果，雜訊較多。CCD為單一放大器，成像品質相較於CMOS來說，雜訊相對較低。
- (iii) (b) CCD sensor
- (iv) CCD 如果通道中有一個畫素故障，會導致一整排的訊號擁塞 因此CCD良率比CMOS低，導致CMOS sensor 可以使用記憶體或處理器的製造機，而CCD需特殊訂製機台



CCD/CMOS一覽表	CCD	CMOS
影像雜訊	單一放大器 低	個別放大器 高
傳輸速度	慢	快
製造成本	高	低
耗電量	高	低
感光度	高	低

一、CCD與CMOS影像雜訊比較：

CMOS每個感光二極體旁都搭配一個 ADC 放大器，每個放大器在製程上都會有些微的差異，很難有同步放大的效果，雜訊較多。

CCD為單一放大器，成像品質相較於CMOS來說，雜訊相對較低。

二、CCD與CMOS感光度比較：

在相同尺寸大小之感光器尺寸，CMOS的感光度會低於CCD

三、CCD與CMOS耗電量比較：

CMOS的影像電荷驅動方式為主動式，感光二極體所產生的電荷會直接由旁邊的電晶體做放大輸出，耗電量低。

CCD的影像電荷驅動方式為被動式，必須外加電壓，讓每個畫素中的電荷移動至傳輸通道，耗電量較高。

四、CCD與CMOS製造成本比較：

CMOS具有低成本、低耗電以及高整合度的特性。

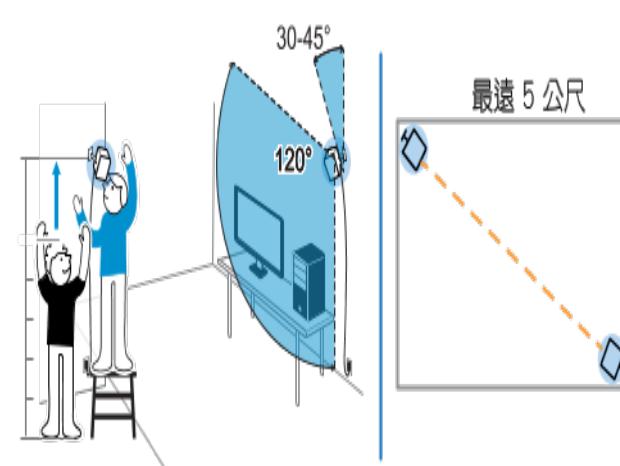
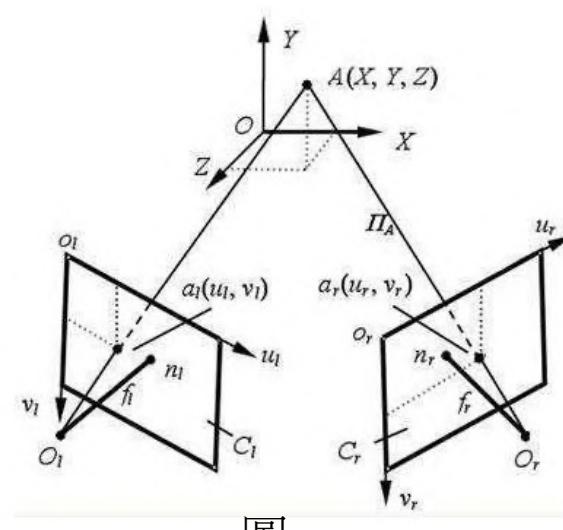
8. (4%) For VR technologies, one important feature is to detect the user position. Please list the position technology used in PS 4 and HTC Vive.

- PS 4 :

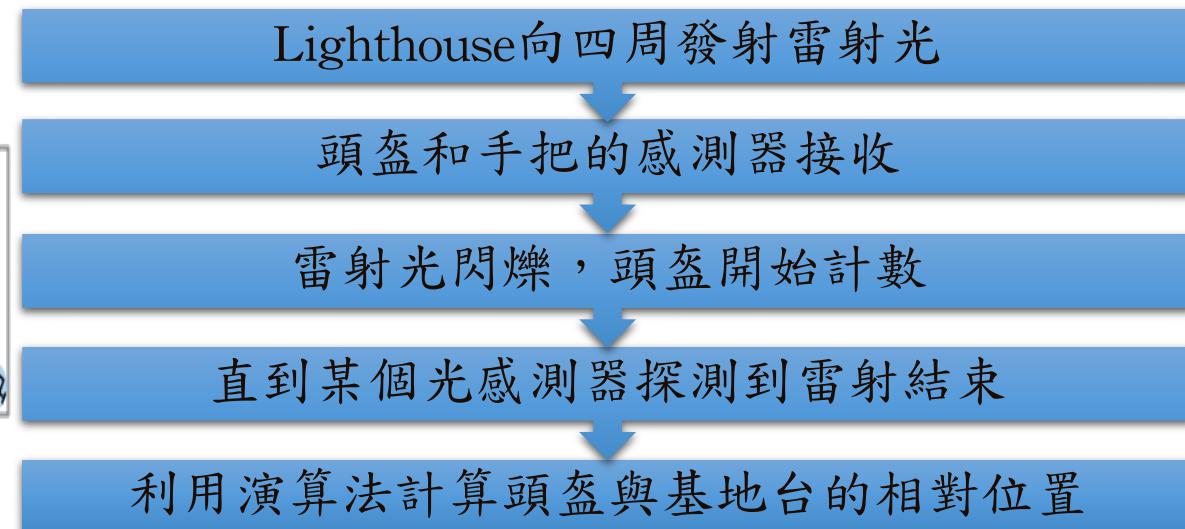
PS Move 定位系統:主要是利用 PS4 的雙目鏡頭，來追蹤 Move 頂端彩色的發光小球，以確定手把的空間位置。利用兩個攝像頭拍攝到的圖片計算光球的空間三維座標。對於三維空間中的一個點，只要這個點能同時為兩部攝像機所見，則根據同一時刻兩部攝像機所拍攝的圖像和對應參數，可以確定這一時刻該點在三維空間裏的位置信息，如下圖一。確定好三維座標，即x、y、z三個自由度，PS系列採用九軸來計算另外三個自由度，及旋轉自由度。從而得到六個空間自由度，確定手柄的空間位置和姿態。

- HTC Vive:

Lighthouse 定位系統:如圖二，實現六自由度的測量，利用房間中密度極大的非可見光，來探測室內佩戴虛擬實境裝置的玩家的位置和動作變化，並將其模擬在虛擬實境3D空間中。光線發射出來後，還需要接收器，也就是VR頭盔或手把，裡面配備的光感測器，可以探測發射出的頻閃光和雷射光束。每閃一次，頭盔就開始計數，像秒錶一樣，知道某個光感測器探測到雷射光束；然後利用光感測器的位置，以及雷射到達的時間，利用演算法計算出頭盔相對基站的位置。



圖二



圖一

9. (4%) For VR technologies, one important technology is to display the scene in head mounted display. Compare power efficiency of the display technology used in PS 4 and HTC Vive.

- HTC Vive 的 head mounted display 比 PS 4 精確，及傳輸的data也較多，因此 HTC Vive 會比較耗能，但也能提供給使用者更好的體驗。

10. (4%) Please describe the operational principle of holography used in Microsoft HoloLens.

1. 感應器：包含一個IMU(Imertial measurement unit)，4 個灰階環境感知相機，1 個深度照相機以及一個RGB 相機(圖1)。主要是透過IMU取得面向，環境感知相機取得相對位置，深度相機用於感知環境。
2. SLAM 技術：使用的是單目視覺RGBD 類。單目視覺指的是使用特徵的計算出相機運動的軌跡，RGBD 類指的是HoloLens 使用TOF 技術測出個像素與相機的距離。HoloLens 的場景建模採用Richard Newcombe 發明的Kinect Fusion：
 - 讀取深度圖建立 point cloud 以及各點的法向量。
 - 相機追蹤。
 - 根據現在相機的位置，將當前幀的點融入網格模型中
 - 根據當前相機位置，得到當前幀的point cloud 和法向量，用來和下一幀的輸入圖匹配。
3. HPU1.0(holographic processing unit)：負責融合來自4 個環境感知相機、一個深度傳感器，以及IMU 的資訊，並透過 PCIe 高速接口與主處理器所在的 SoC ；此外還負責處理手勢辨識以及地圖的建模。

Microsoft Hololens

感應器

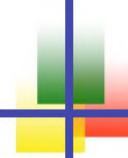


- 1個慣性度量單位 (IMU)
- 4環境瞭解攝影機
- 1深度相機
- 1 2MP 相片/HD 攝影機
- 混合實境擷取
- 4個麥克風
- 1個環境光源感應器

- IMU is an electronic device that measures and reports a body's inertial movement
- **深度攝像頭**, 能夠獲得拍攝對象的深度信息, 也就讓 HoloLens獲得了環境三維立體數據
- **單目SLAM**。首先提取圖像中的特徵, 然後根據相鄰幀圖像的特徵去匹配, 識別出場景某些特徵點位置, 並通過圖像的變化反向計算出相機的運動。

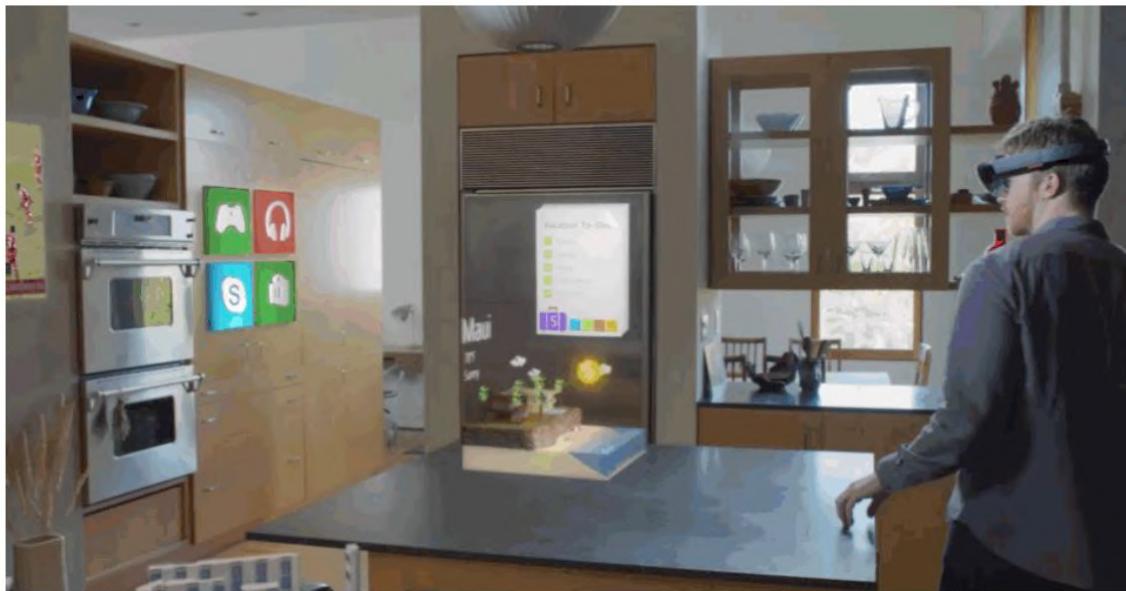
■ Simultaneous localization and mapping (SLAM)

- constructing or updating a **map** of an unknown environment while
- simultaneously keeping track of an **agent's** location within it.
- 3D scanning
- Mapping
- **Kinematics modeling**



Microsoft Hololens

- Device can project a hologram and trick your brain into perceiving holographic images.
- Pin holograms in physical locations and interact with holograms

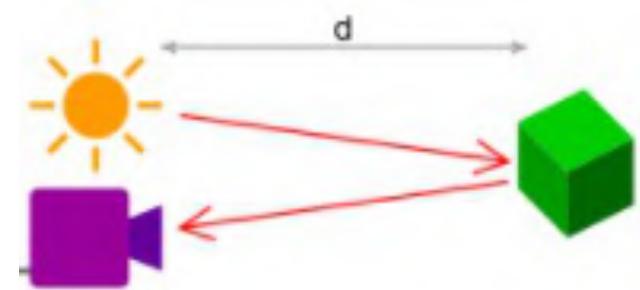


11. (4%) In LiDAR system, what is the principle of detecting the distance of various objects from the LiDAR source.

- Time-of-Flight (ToF) :

測量雷射光打到物體表面後，反射回儀器內探測器的時間，推斷光飛行的距離。常用於遠距離的計算，例如空間、汽車的lidar

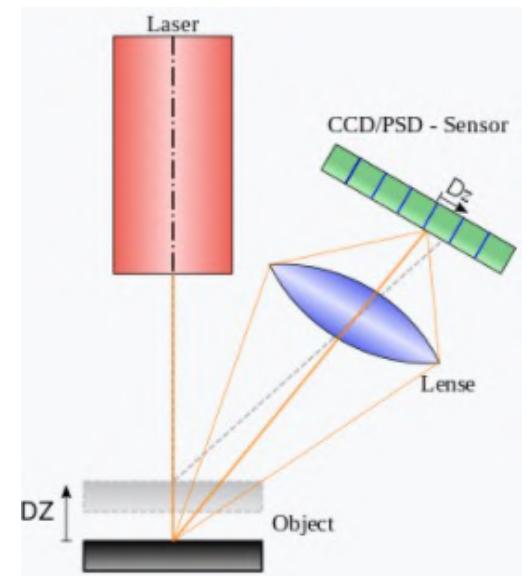
$$\text{Distance} = (\text{Speed of Light} \times \text{Time of Flight}) / 2$$

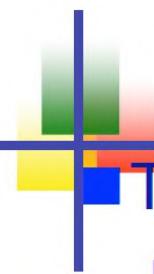


- Triangulation 三角測量系統：

物體上的雷射光點、感測器與雷射器構成一個三角形，攝影機與發射器的距離和角度是已知的。鐳射光發射到待測物體上，利用攝影機去尋找物體表面的雷射光點，隨著物體的距離不同，光點在攝影機畫面的位置也會不一樣，即可推敲出目標的位置。

精度可以達到10微米





Time of Flight

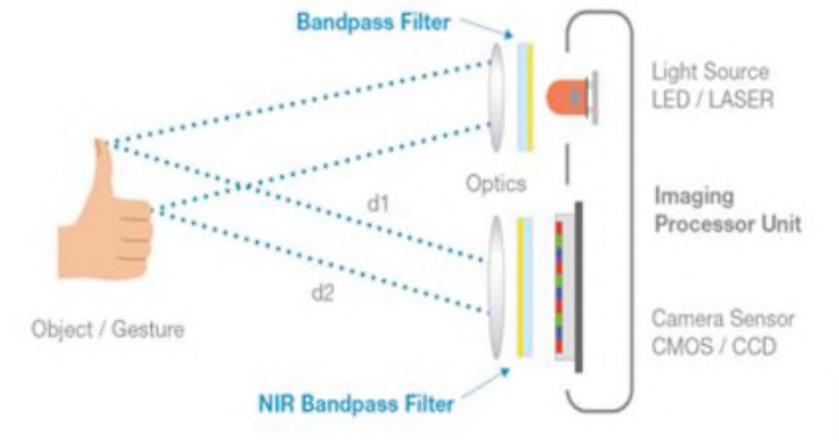
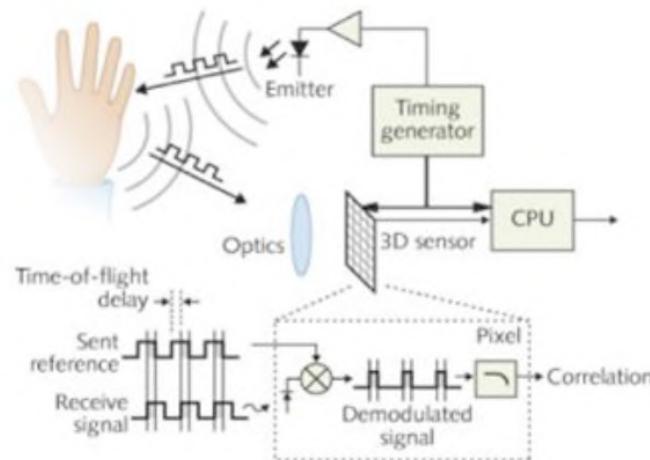
Time of Flight

■ Structure

- One LED or photo diode
- One photo detector

■ Principle

- LED or laser diode emits IR light,
- photo detectors receives the light
- calculates the **time** difference between the emitted pulse, and a received signal.



12. (3%) (a) In the Alexa device, list three main functions in the TI digital Media Processor.
(2%) (b) List the functions of the wi-fi and bluetooth used.

(a)

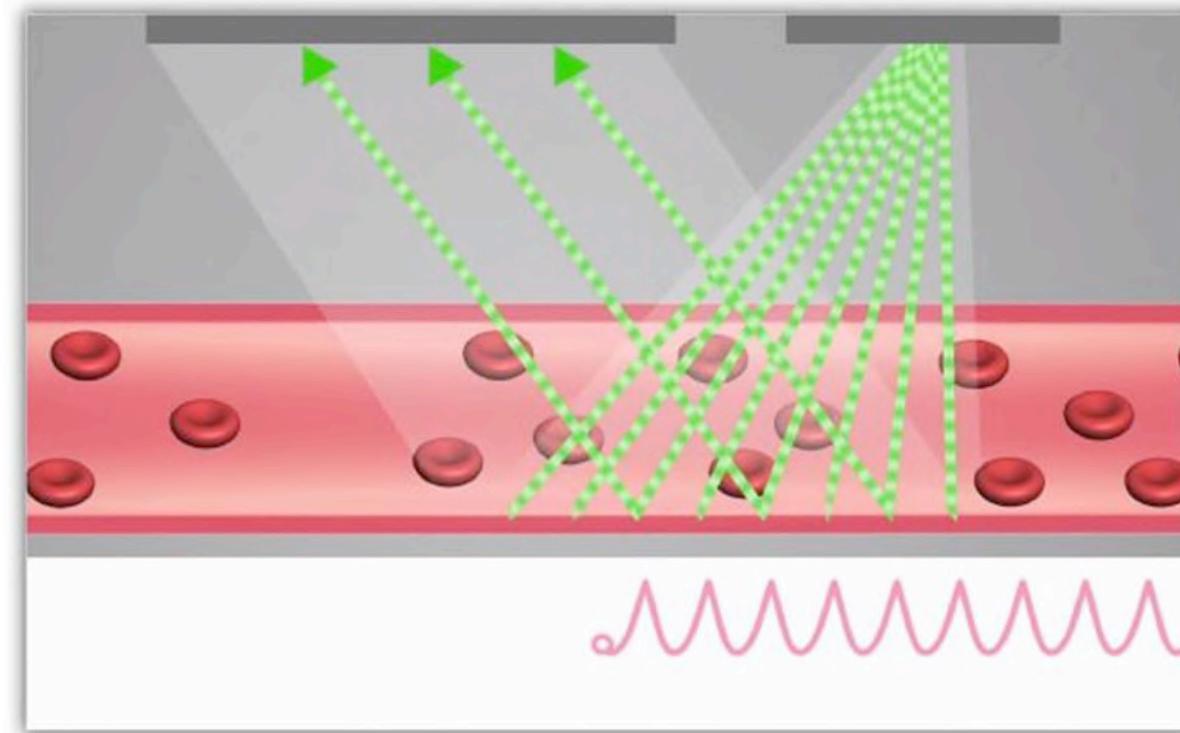
- 整合DSP高度濾波，使系統快速地理解用戶的語音和環境雜訊之間的差異。
- 整合TI的C64x+DSP與3D繪圖加速引擎。
- 涉及哪些資料可被擷取、傳送與接收雲端資料的速度與可靠度等。
- 直接影響到揚聲器之間的互動的即時性。
- Wi-Fi的吞吐量、服務品質 (QoS) 與範圍的改善，都將有所幫助。

(b)

- 和智慧家具「溝通」，Wi-Fi的吞吐量、服務品質 (QoS) 與範圍的改善，都將有所幫助。
- The best Alexa speaker that we've tested is the Sonos Move. This portable Bluetooth speaker comes with Alexa and Google Assistant built-in, which you can use while connected to a Wi-Fi network. [They can understand your commands when you're far from the speaker and when you're in noisier environments. There's even a mic mute button you can use when you no longer want the speaker to listen to you.](#)

13. (4%) Describe the operational principle and required hardware components used in smart watch for detecting heart rate.

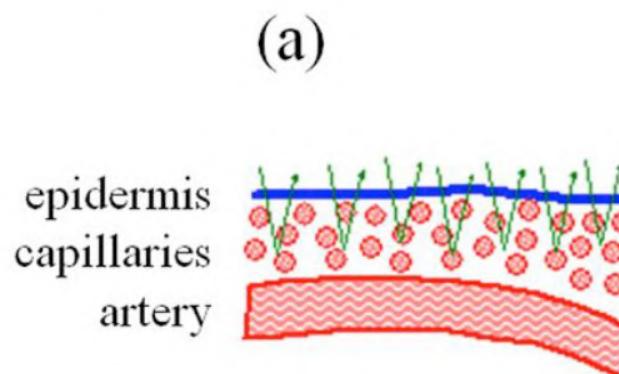
- 光學心率感測全名為Photoplethysmography (PPG)，為目前大部分智慧型穿戴裝置所採用的心率感測技術，原理是利用光感測元件吸收光線能量的原理，紀錄光線在血管中受血流脈動的變化而偵測出來的信號。血液之所以為紅色，是因為它會反射紅光並吸收綠光。心臟跳動時，手腕血流量（和綠光吸收量）會增加，而在心跳之間的空檔，手腕血流量會減少。這樣便可以利用反射回來的綠光多寡來判斷目前脈搏的狀態，以估算整體的心跳速率。



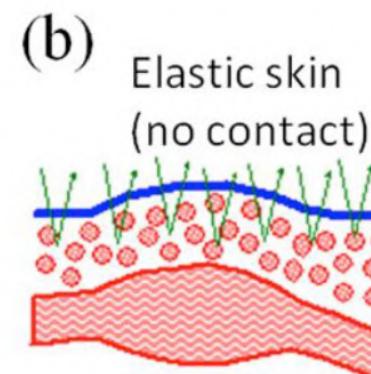
Photoplethysmography (PPG) 示意圖

Principle of Green Light PPG

- Blood vessel pushes the skin
- Changes the density of blood vessel and the reflected intensity of green light
- The reflected light through the tissue decreases during systole and increases during diastole.



舒張期



收縮

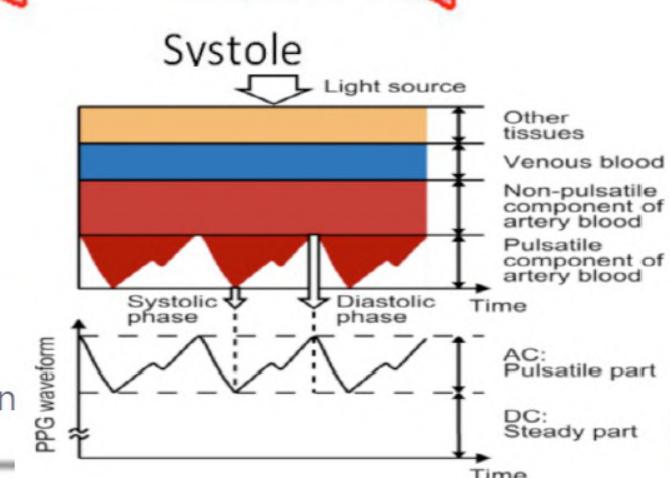
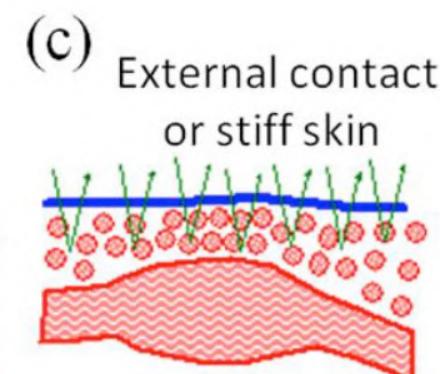


figure source: Kamshilin, A. A., & Margaryants, N. B. (2017). Origin at green light. Physics Procedia, 86, 72-80.

14. (4%) (i) Which of the following interconnect technologies are more suitable for data center to connect the SSD to server? (a) USB 3.1 (b) PCI-E (C) SATA (d) HDMI (C)AGP
(4%) Describe the reasoning.

(i) (b) PCI-E

(ii) PCI-E 的速度較高，可讓SSD的效能速度表現得更好。系統平台進行傳輸資料時，只需透過PCIe匯流排連結到晶片組或處理器裡內建的PCIe控制器，以點對點的方式直接進行資料傳輸

- **Serial ATA (SATA)**

SATA是世界上使用最廣泛的存儲接口，在SSD和HDD中都可以看到。它最初是為較慢的機械硬碟設計的

- **PCIe**

- 擴充槽，用來安插各種不同的介面卡
- high-speed serial computer expansion bus standard
- common motherboard interface for personal computers' graphics cards, hard drives, SSDs, Wi-Fi and Ethernet hardware connections
- computer expansion bus standard, designed to replace the older PCI, PCI-X and AGP bus standards

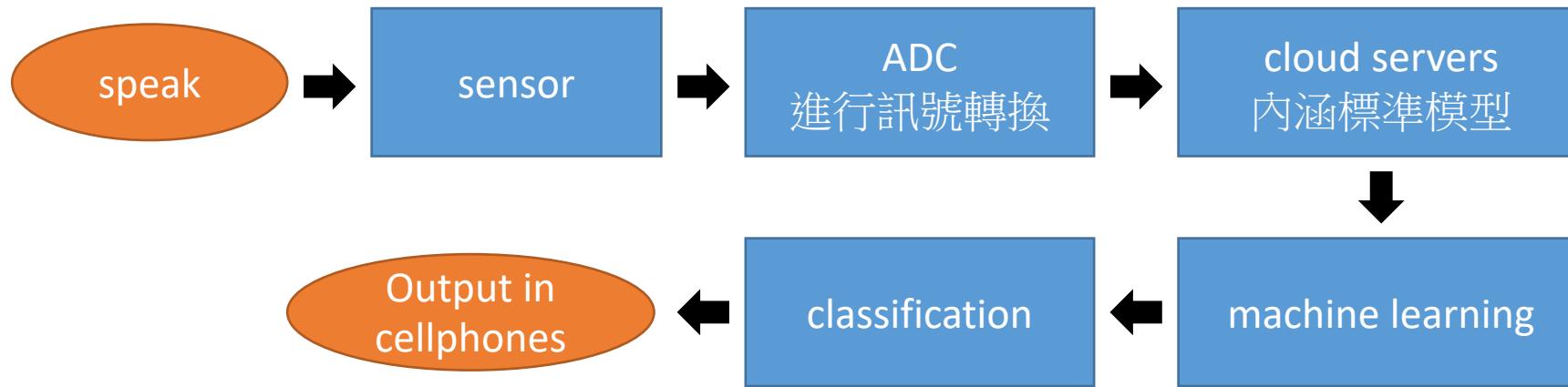
- **AGP**

是在PCI總線基礎上發展起來的，專門針對越來越高的圖像處理需求而推出的新的標準，不過它出現的主要目的就是為了解決顯示卡和處理器之間的通信問題，所以它僅是一個「埠」，這意味著它只能接駁一個終端而這個終端又必須是圖形加速卡。

15. (4%) (i) To implement a speech recognition system in cellphones, which of the following functions or modules are required? (a) ADC (b) machine learning (c) classification (d) sensing (e) cloud servers
(6%) (ii) Draw the dataflow of the required functions or modules in (i).

(i) (a) ADC (b) machine learning (c) classification (d) sensing (e) cloud servers

(ii)



ADC

- ADC即數位類比轉換器，為一個將連續的類比訊號或者物理量(通常為電壓)轉換成數位訊號
- ADC經常用於通訊、儀器和測量以及電腦系統中，可方便數位訊號處理和資訊的儲存。大多數情況下，ADC的功能會與數位電路整合在同一晶片上，但部份設備仍需使用獨立的ADC。

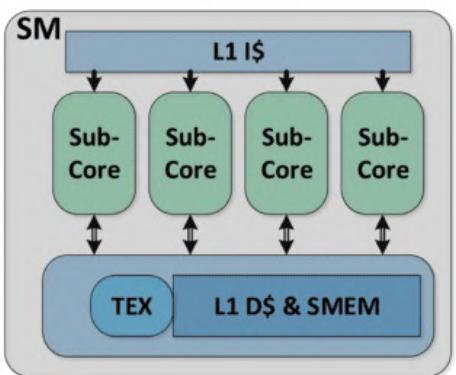


16. (6%) Describe how the Streaming Multiprocessor architecture used in Nvidia Volta to help the convolution operation in CNN.

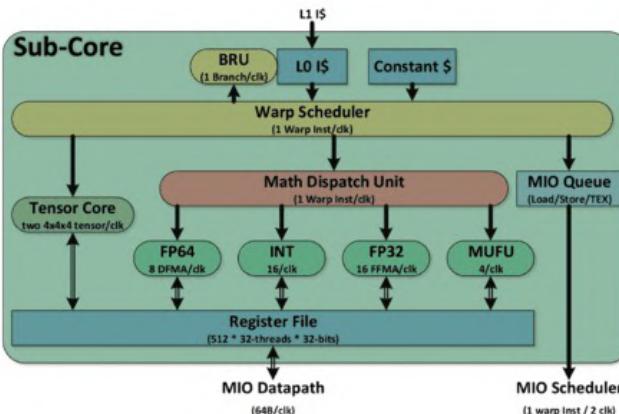
- 對於Volta架構，SM被劃分為四個sub-core，和前一代 P100 相比，V100 將整數計算單元和浮點數計算單元獨立出來，讓整數計算和浮點數計算可同時運行。利用兩個Tensor Core時，warp調度器直接發出矩陣乘法運算，再從暫存器接收輸入矩陣之後，執行 $4*4*4$ 矩陣乘法。待完成矩陣乘法後，Tensor Core再將得到的矩陣寫回暫存器。

VOLTA GV100 SM

Redesigned for Productivity and Accessible Performance



SUB-CORE



Warp Scheduler

- 1 Warp instr/clk
- L0 I\$, branch unit

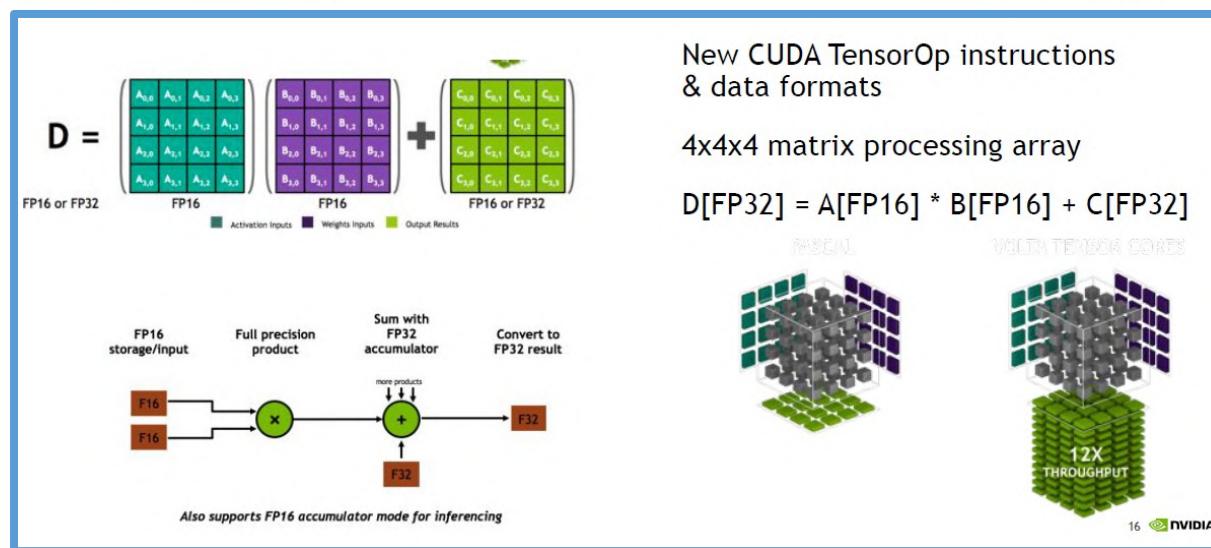
Math Dispatch Unit

- Keeps 2+ Datapaths Busy

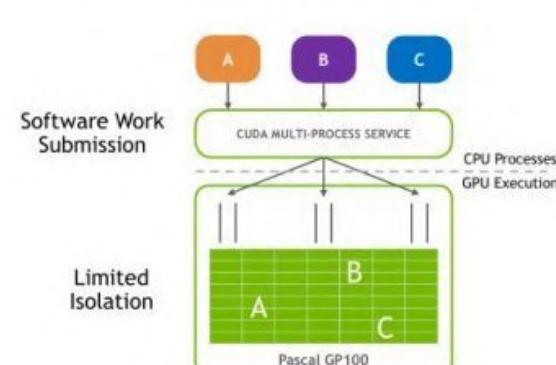
MIO Instruction Queue

- Hold for Later Scheduling

Two 4x4x4 Tensor Cores



PASCAL MULTI-PROCESS SERVICE

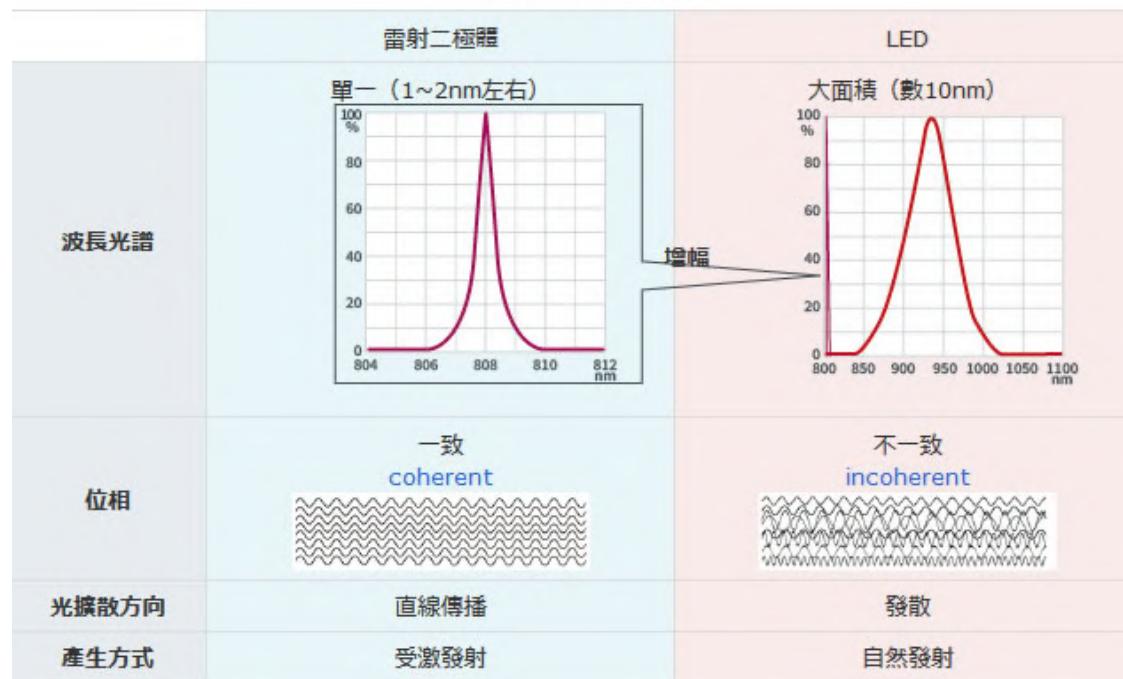


17. (2%) What is the difference between Laser diode in LiDAR and LED?

(3%) What is the advantage of using LIDAR to detect distance compared the Kinect Structure light approach.

	Working operation	Coherent/Incoherent	Ease of use	Eye Safety	Cost
LED	emits light by spontaneous emission	incoherent	Easier	Generally considered eye-safe	Low
LiDAR	emits light by stimulated emission	It possesses a coherent beam with identical phase relation of emitted photons.	Harder	Must be rendered eye-safe, especially for $\lambda < 1400 \text{ nm}$	Moderate to High

【雷射二極體和LED的差異】



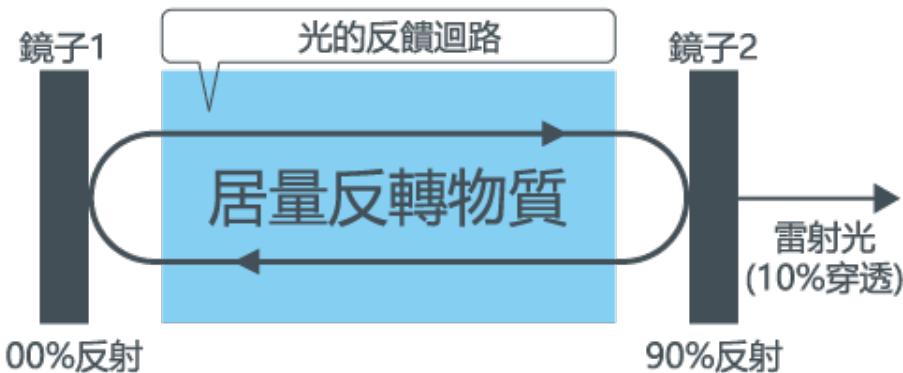
- (1) 雷射二極體為光譜寬度狹窄的單一波長，屬於位相一致、具高度指向性的光，因此容易控制能量。
- (2) LIDAR 可測量的距離比 Kinect Structure light 遠且能更精準的測量出物體與相機之間的距離，因此在構建 3D 影像時 LIDAR 比 Kinect Structure light 有較佳的表現。

- **LED (Light Emitting Diode)**

LED是將電子(具備負電性質)多的N型半導體與電洞 (具備正電性質)多的P型半導體為之接合的元件。加入順向電壓於此半導體後，電子與電洞將移動、於接合部再結合，此一再結合能量變成光並放出。相較於先將電能轉換成熱能、之後再轉換為光能的傳統光源，由於是直接將電能轉換成光能，可不浪費電能、更有效率地獲取光源。

- **Laser Diode 雷射二極體**

- 能夠放射出波長和位相等性質完全相同的光，最大特色為干涉性強 (coherent)。
- 注入電流產生的光在2片鏡子之間來回行進，增幅至產生雷射振盪為止。簡單地說，雷射二極體可以說是利用反射鏡讓光增幅並開始發光的LED。



- **Lidar (Light Detection And Ranging)**

使用近紅外光、可見光或紫外光照射物件，並透過光學感測器捕獲其反射光來測量距離的遙測（使用感測器從遠處進行感測）方法