

2023 半導体入門・用語講座

夏編

通信講座・オンラインハイブリッドセミナー

No.01 半導体製品

講師：小川 公裕

サクセスインターナショナル株式会社



半導体製品

目次

半導体製品.....	1
1 前書き.....	1
2 半導体基礎知識.....	1
2.1 真空管からトランジスタへ 半導体製品の始まり.....	1
2.2 そもそも半導体とは.....	3
2.3 パイポーラから MOSへ.....	4
2.4 CMOS の利点.....	4
2.5 2進数のおさらい.....	6
2.6 SI 接頭文字.....	7
3 LSI の基本知識.....	8
3.1 LSI の構造.....	8
3.2 アナログとデジタル.....	10
4 半導体製品.....	12
4.1 半導体を用いている製品の例.....	13
5 電気・電子製品の中.....	14
5.1 スマートフォン.....	14
5.2 HV 自動車.....	16
5.3 コンピュータ.....	16
6 半導体の産業構造.....	18
6.1 産業構造の変化.....	18
6.2 垂直統合型 (IDM) と 水平分業型.....	19
7 半導体の微細化とドライブ製品の変遷.....	22
7.1 半導体製品開発の牽引役.....	23
8 システム LSI の構成デバイス.....	24
8.1.1 デジタルとアナログの違い.....	24
8.1.2 クロック.....	26

- 8.2 プロセッサ (Processor).....27
 - 8.2.1 CPU27
 - 8.2.2 GPU.....28
 - 8.2.3 AI 向けプロセッサ29
- 8.3 メモリ (Memory)30
 - 8.3.1 DRAM30
 - 8.3.2 SRAM.....32
 - 8.3.3 Flash メモリ33
- 8.4 センサ (Sensor)35
- 8.5 パワーデバイス (Power Device)38
- 9 最近の注目分野と半導体製品.....39
 - 9.1 2000年代の半導体市場40
 - 9.2 AI (Artificial Intelligence)40
 - 9.2.1 AI 市場動向42
 - 9.2.2 AI の応用43
 - 9.2.3 生成型 AI43
 - 9.2.4 メタバース44
 - 9.2.5 AI チップの動向.....45
 - 9.3 5G (5'th Generation Mobile Communication System)46
 - 9.4 IoT (Internet of Things)48
 - 9.4.1 IoT 概略.....48
 - 9.5 データセンタ (Data Center)50
 - 9.5.1 クラウドサーバー (Cloud Server).....50
 - 9.5.2 データセンタ と クラウド51
 - 9.6 自動運転 (Auto Driving)52
 - 9.6.1 自動運転のレベル.....52
 - 9.6.2 自動運転における各社の提携関係.....55
 - 9.6.3 自動運転で発生した事故56

- 10 最近の半導体業界動向.....57

図の目次

- 図 2.1-1 真空管から半導体製品へ.....2
- 図 2.2-1 MOSFET はスイッチ.....3
- 図 2.2-2 MOSFET トランジスタ.....3
- 図 2.4-1 CMOS インバータ.....5
- 図 2.5-1 英文字キーボード.....7
- 図 3.1-1 LSI のパターンを拡大9
- 図 3.1-2 LSI の配線構造.....10
- 図 3.2-1 アナログとデジタル.....11
- 図 3.2-2 サンプリングによる離散化11
- 図 4.1-1 半導体製品12
- 図 4.1-1 あらゆる電気製品に半導体.....13
- 図 5.1-1 スマートフォ14
- 図 5.1-2 スマートフォ15
- 図 5.2-1 HEV 自動車の駆動用パワー半導体.....16
- 図 5.3-1 従来のコンピュータの一般的な構成17
- 図 6.2-1 半導体産業構造.....19
- 図 6.2-2 半導体の売上世界シェア20
- 図 6.2-3 OSAT メーカー 売上21
- 図 6.2-4 製造装置メーカー 世界シェア22
- 図 6.2-5 日本の半導体材料メーカー売上高.....22
- 図 7.1-1 半導体製品開発の牽引役変遷.....23
- 図 8.1.1-1 ADC と DSP、DAC.....25
- 図 8.1.2-1 デジタル波形表示26
- 図 8.1.2-2 実際のデジタル波形とデジタル値27
- 図 8.2.1-1 CPU 性能の変遷.....28



い違いに ON/OFF するように設計されている。この事を 図 2.4-1 を使って簡単に説明する。図 2.2-1 に示したように、MOS はスイッチとして働く。図 2.4-1 左から 2 番目の図がそれを示している。入力信号は G 端子に、出力信号は D 端子から次の回路に接続される。デジタル回路では信号は **0 1** のどちらかである。一般的に 電源電圧 Vdd の時 **1**、電圧 0 (つまり GND) の時 **0** と当てはめる。左から 2 番目の CMOS インバータの回路図で、入力が **0** の場合、右から 2 番目の図の様に NMOS は OFF、PMOS は ON となり、出力は Vdd と繋がる、則ち出力は **1** である。逆に入力が **1** の場合 NMOS が ON、PMOS が OFF となり、出力は GND と繋がる、則ち出力は **0** である。**0 1** 入力で **1 0** 出力が得られるので、入出力は反転の関係にある。則ちインバータ回路である。

この様に、CMOS 回路では PMOS と NMOS が逆のスイッチとして働くので、Vdd から GND に直流電流が流れる (ショートされる) 状態は絶対に起らない。その為、CMOS は電力消費の面で大きな優位性を持つことになった。

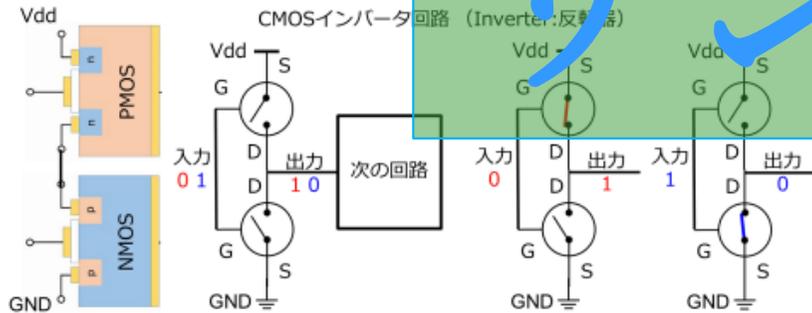


図 2.4-1 CMOS インバータ

ここで簡単な計算をしてみよう。デジタルではゲート数というトランジスタ数の数え方がある。仮に CMOS インバータを基本と考えると、1 ゲートは NMOS/PMOS 1 個ずつから構成されているので、1 千億個の MOS を含む LSI があったとしたら、500 億ゲートである。仮に 1 ゲート辺り 1n[A] の微小直流漏れ電流があったとしたら、1n×500 億

するのが自然であり、広く採用されている。



図 3.2-1 アナログとデジタル

サンプリング

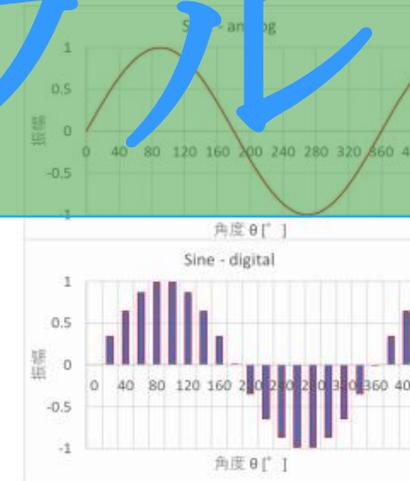


図 3.2-2 サンプリングによる離散化

現在はデジタル全盛時代

アナログ

- 連続量
- 実数
- 自然
- 例 $1/3=0.3333333333333333$...

デジタル

- 離散(とびとびの)量
- 整数化可能
- 機械的 (コンピュータ処理)
- 例 0.3

左図で、角度と振幅共に離散化する

離散化とは 図 3.2-2 に示すようにアナログ波形を サンプリング時間で計測し有限の

上げるのではなく、自社半導体デバイスをふんだんに使い、クラウド、データセンタや AI サービスで儲ける道である。

6.2 垂直統合型 (IDM) と 水平分業型

半導体製造企業には、垂直統合型：IDM (Integrated Device Manufacturer) と水平分業型がある。図 9.1-1 に示すように、半導体産業は 2025 年には 7 千億 \$ = 95 兆円にも達しようかという巨大産業である。

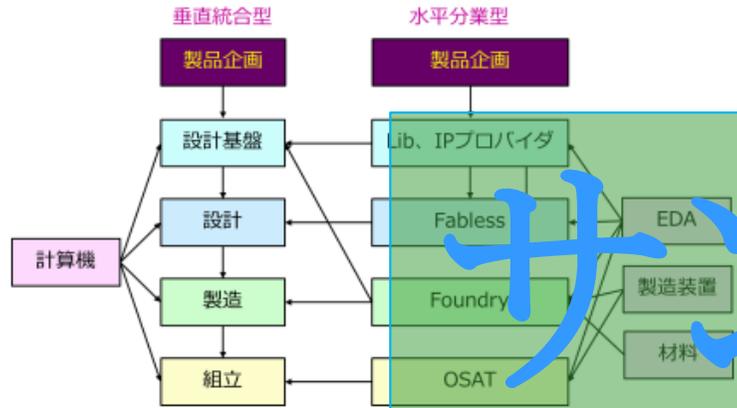


図 6.2-1 半導体産業構造

世界最大の半導体製造専門(ファンドリー: Foundry) 会社 TSMC の 2023 年投資額は 300 億 \$ 前後 = 4 兆円前後 にも上る。従ってインフラから材料、装置、その他 その産業構造は巨大で複雑である。これを描き出すと切りがないので、簡略化した産業構造を 図 6.2-1 に示す。

垂直統合型とは自社で企画～設計～製造～組立まで全てを行う企業である。対して水辺分業型とは、それらの工程別に専業会社が作業を分担する仕組みで、製品企画会社は半導体製品の仕様を決めるだけで、後は他社に作業を任せて半導体製品を作る事も可能となる。

水平分業において、

- ・ Lib, IPプロバイダ

界トップシェアで SUMCO が 2 位。フォトレジストとよばれる感光材は JSR や東京応化工業などの日本メーカー 5 社が世界シェアをほぼ独占している。図 6.2-5 に示す。

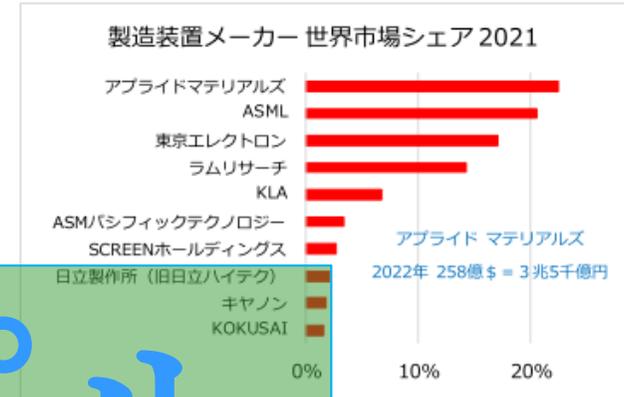


図 6.2-4 製造装置メーカー 世界シェア

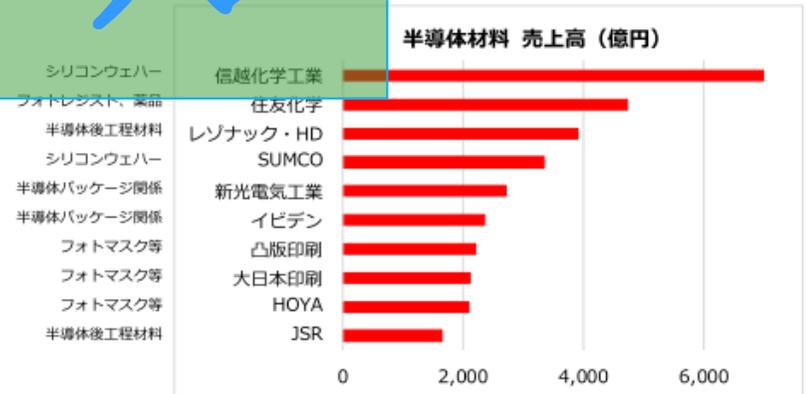


図 6.2-5 日本の半導体材料メーカー売上高

7 半導体の微細化とドライブ製品の変遷

数(ピンク) が顕著に増加している。これは CPU の開発が 動作周波数の向上 ⇒ 並列度の向上 に変わっている事を示す。

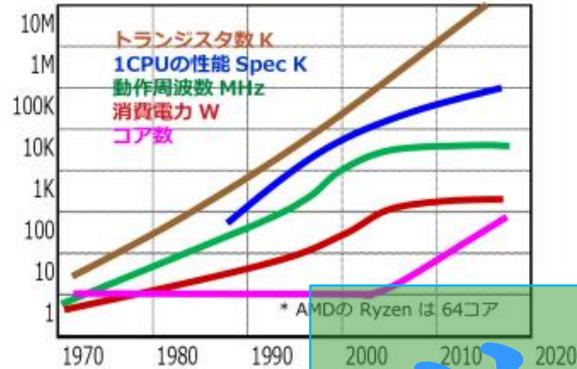


図 8.2.1-1 CPU 性能の変遷

8.2.2 GPU

GPU : Graphical Processing Unit は画像処理計算を高速実行することに特化したプロセッサとして開発された。ソニーの PlayStation のグラフィック機能の開発を担当した当時ベンチャー企業の Nvidia 社は今や GPU で世界最大の会社になった。



図 8.2.2-1 GPU の利用例

図 8.3.1-1 の右のグラフに示すように、DRAM は微細化の恩恵 (ムーアの法則) を受け難く、最近の性能向上は CPU の性能向上について行けていない。その理由は

- ・ キャパシタ容量を確保しなければいけないため微細化に限界がある
- ・ 特殊なプロセスなので最先端 CMOS ロジックとは別に開発する必要がある

DRAM は相対的に見て CPU よりも動作が遅い、そこで DRAM と CPU 間のデータのやり取りを少しでも速くするため、以下の工夫がされて来た。

- ・ SDRAM: Synchronous DRAM 外部クロックに同期してカラムの読み出しを行い回路設計も容易となった。
- ・ DDR: Double Data Rate SDRAM 外部クロックの Rise/Fall 両エッジを利用 + 2 ビットのプリフェッチ(予めデータを読んでおく)で 2 倍のデータ転送速度。
- ・ DDR2 4 ビットのプリフェッチと 4 倍転送クロックで 4 倍の転送速度。
- ・ DDR3 8 ビットのプリフェッチと 8 倍転送クロックで 8 倍の転送速度。
- ・ DDR4 16 ビットのプリフェッチと 16 倍転送クロックで 16 倍の転送速度。
- ・ DDR5 32 ビットのプリフェッチと 32 倍転送クロックで 32 倍の転送速度。

下図は4ビットプリフェッチ * 個々のメモリの速度は同じでデータ転送のみが高速化

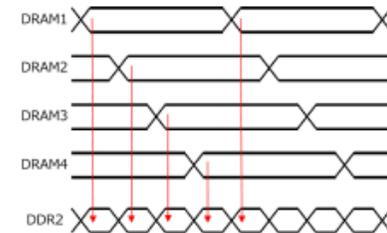


図 8.3.1-2 DRAM の速度向上策 DDR2

独 KUKA

9.2.2 AIの応用



図 9.2.2-1 AIの応用

AIの応用は非常に幅広く、およそ人間の活動に関わるあらゆる分野で活用できる。

- | | |
|--------------|--|
| 1. 音声認識・合成 | 既にスマートフォン等でお馴染みのもの Amper Music 等 |
| 2. 画像認識・合成 | これ PC やスマホで既に使われている Stable Diffusion 等 |
| 3. 自然言語処理・通訳 | 文章を解析して答えを導き出す ChatGPT 等 |
| 4. 予測 | 株価等将来起こる事を過去例から推測 株価予測 ferci 等
各イメージの一例を 図 9.2.2-1 に示す。 |

9.2.3 生成型 AI

2020年6月にOpenAI社からリリースされ、2022年に登録者が1億人を突破し、マイクロソフトやシーメンス等が産業用に業務効率化の提案を行い、日本の政府機関でも利

9.5 データセンタ (Data Center)

9.5.1 クラウドサーバー (Cloud Server)

クラウドサーバーとは利用者から見て、どこにあるか分からない (雲の彼方の) 計算機サーバーという事である。イメージを 図 9.5.1-1 に示す。



図 9.5.1-1 クラウドサーバー

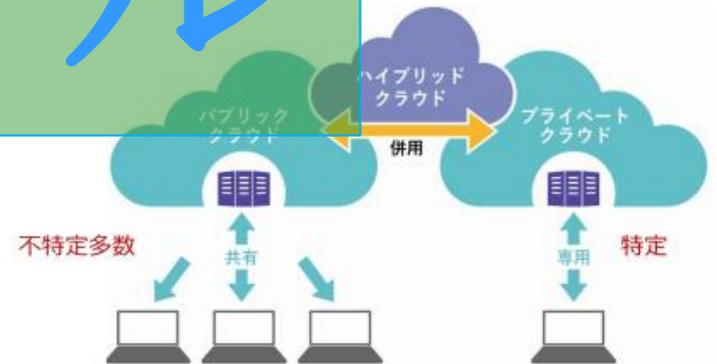


図 9.5.1-2 クラウドの3形態

このクラウドには大別してパブリック (Public) とプライベート (Private)、並びに両者の併用であるハイブリッド (Hybrid) の3形態がある。図 9.5.1-2 と表