

# ロジックICでコンピュータ製作

2023年12月3日

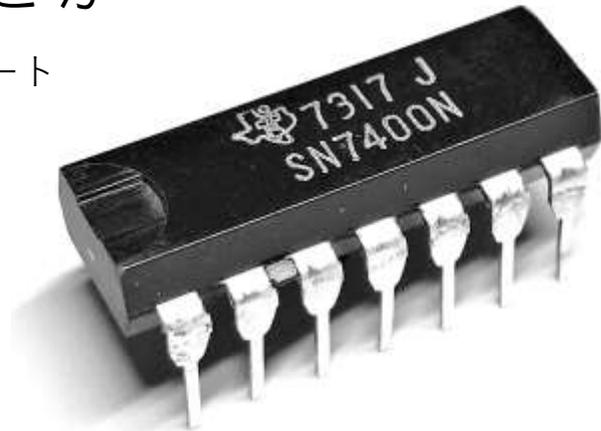
Noguchi

はじめに

## 今、自作CPUが流行っている！？

これとか

NANDゲート



これとか

リレー



画像引用

<https://www.sekaimon.com/itemdetail/224309232324/>

見覚えしかありませんね

はじめに

## 自作CPUを構成する部品の例

- **トランジスタ**     2SCxx , 2Nxx
- **リレー**
- **真空管**             二極管 , 三極管
- **ロジックIC**         74HCxx , 40xx/45xx     ←今日はコレ！
- **ゲートアレイ**     FPGA , CPLD

はじめに

## ロジックICを使うメリット

ちょっと高度な回路作成

意外と高速

入手がやや容易

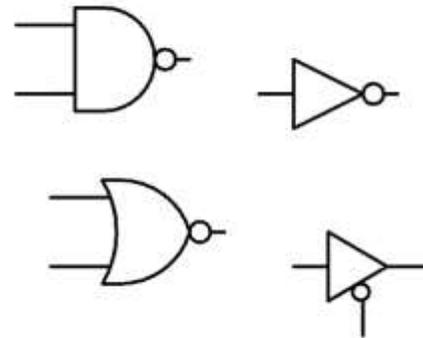
はじめに

## ロジックICを使うメリット

ちょっと高度な回路作成

意外と高速

入手がやや容易



単純なゲート



- データセレクタ
- 同期カウンタ
- レジスタ
- オペレータ

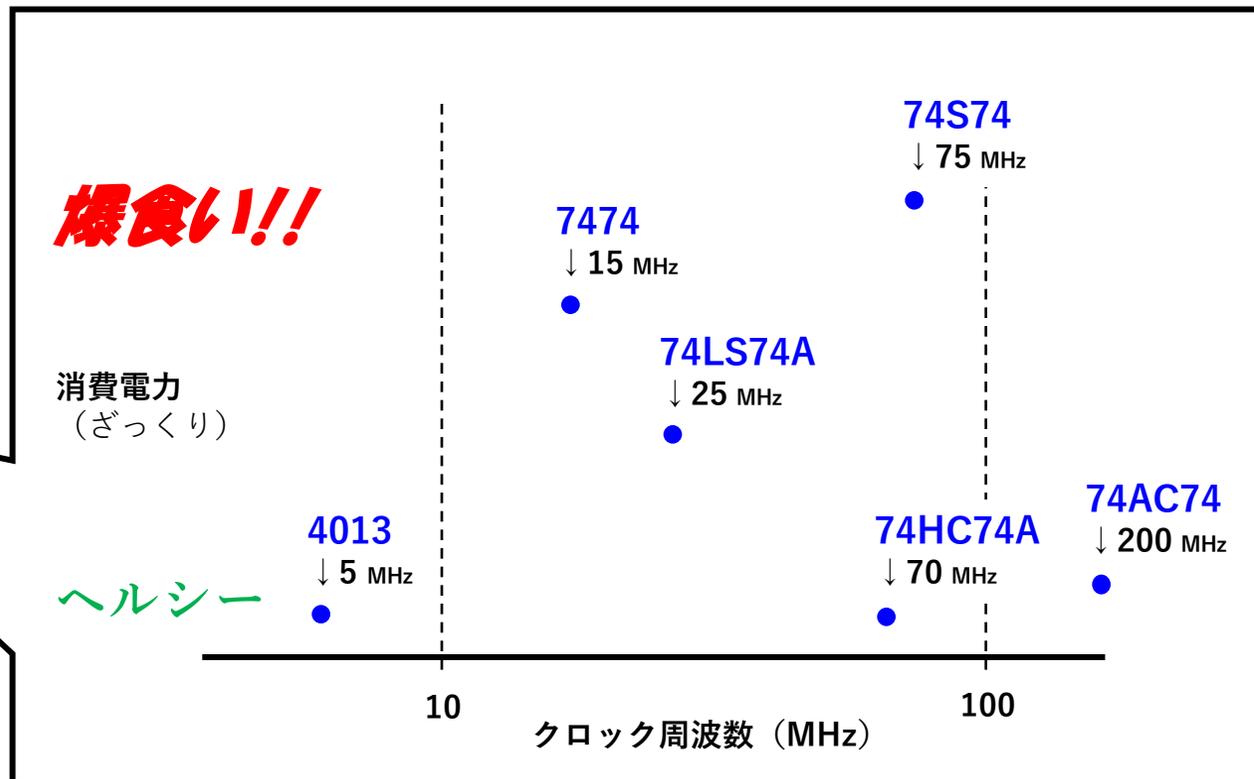
はじめに

## ロジックICを使うメリット

コンパクトな回路作成

意外と高速

入手がやや容易



はじめに

## ロジックICを使うメリット

ちょっと高度な回路作成

意外と高速

入手がやや容易

秋葉原なら・・・

- ・ 千石電商
- ・ マルツパーツ
- ・ 秋月電子
- ・ 若松通商
- ・ 光南電気
- ・ サンエレクトロ

# はじめに

## デメリット…

D-レジスタ (クロックエッジでセット)

ビット数	特 徴				ピン数	ナンバー	N	LS	ALS	ALS 1000	F	S	AS	AC	HC	HCT	頁	
	クロック	クリア	出 力															そ の 他
			論 理	加 路														
2	ノ	L	正, 負		14	74	○	○	○		○	○	○	○	○	○	80	
2	ノ	L	正, 負		16	109	○	○	○		○	○	○		○	○	112	
4	ノ	L	正		20	276	○										232	
4	ノ	L	正		16	376	○										269	
4	ノ	L	正, 負		16	175	○	○	○		○	○	○		○	○	174	
4	ノ	-	正, 負		16	379		○			○	○		○	○	○	272	
4	ノ	-	正		16	399		○			○	○		○			284	
4	ノ	-	正, 負		20	398		○			○		○				283	
4	ノ	-	正		16	298	○	○	○		○		○		○	○	244	
4	ノ	H	正	3S	16	173	○	○		○				○	○	○	172	
4	ノ	-	正	両	16	388		○			○						278	
4	ノ	L	正, 切換	3S	20	2519		○									-	
6	ノ	L	正		16	174	○	○	○		○	○	○	○	○	○	173	
6	ノ	-	正		20	378		○	○		○	○		○	○	○	271	
4×2	ノ	L	正	3S	24S	874		○					○				-	
4×2	ノ	L*	負	3S	24S	876		○					○				-	
4×2	ノ	L(両)	正	3S	24S	878		○					○				-	
4×2	ノ	L(両)	負	3S	24S	879		○					○				-	
8	ノ	L	正		20	273		○			○	○		○	○	○	229	
8	ノ	-	正		20	377		○	○		○	○		○	○	○	270	
8	ノ	-	正	3S	20	364		○	○								261	
8	ノ	-	正	3S	20	374		○	○		○	○	○	○	○	○	267	
8	ノ	-	正	3S	20	574		○	○		○	○	○	○	○	○	328	
8	ノ	L	正	3S	22	2520		○									-	
8	ノ	-	負	3S	20	564		○	○		○			○	○	○	323	
8	ノ	-	負	3S	20	576	○	○					○		○	○	330	
8	ノ	-	負	3S	20	534		○	○		○	○	○	○	○	○	313	
8	ノ	L(両)	正	3S	24S	575		○					○				329	
8	ノ	L(両)	負	3S	24S	577		○					○				331	
4+4	ノ	-	正		16	396		○	○								282	
8	ノ	-	正		16	502	○	○									303	
8	ノ	-	正		16	503	○	○									304	
12	ノ	-	正		24W	504	○	○									305	

D-FFだけでこんなに…

出典：TTL-IC規格表'88 CQ出版社

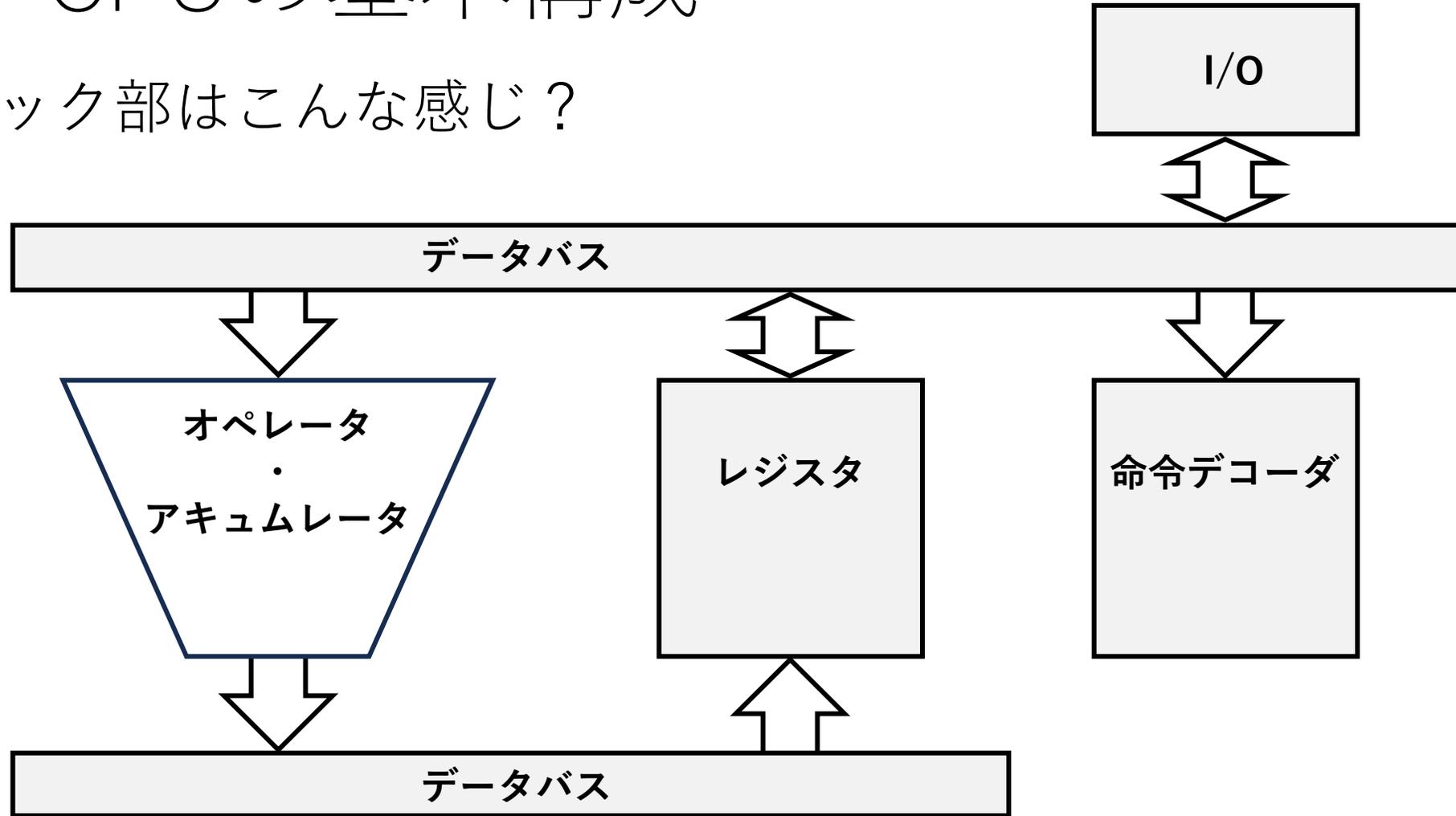
種類が多すぎ…

自作CPUで使えるようなロジックICを知っておこう

# 1. CPUの基本構成

# 1. CPUの基本構成

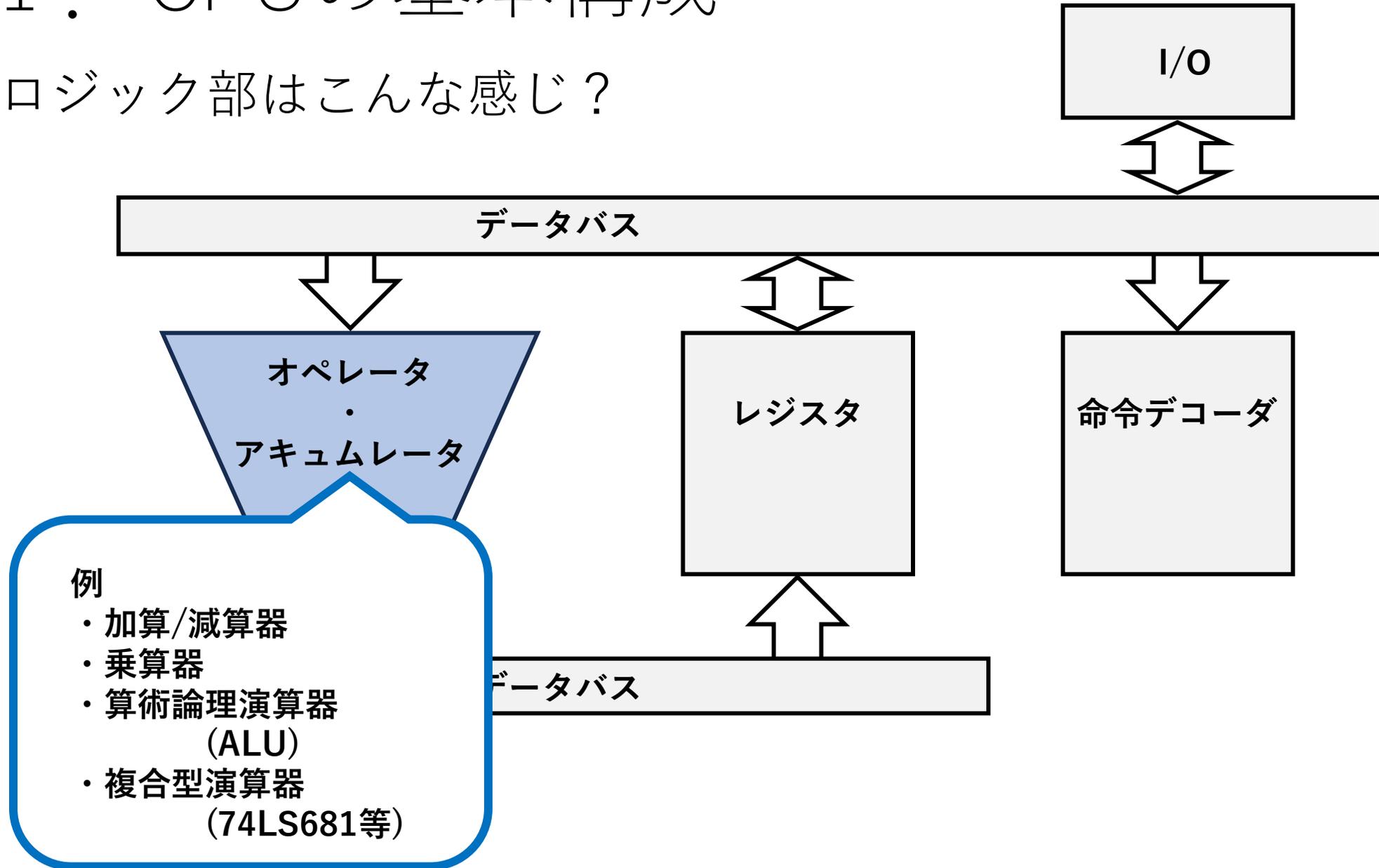
ロジック部はこんな感じ？



ロジックICの機能と対応させると…

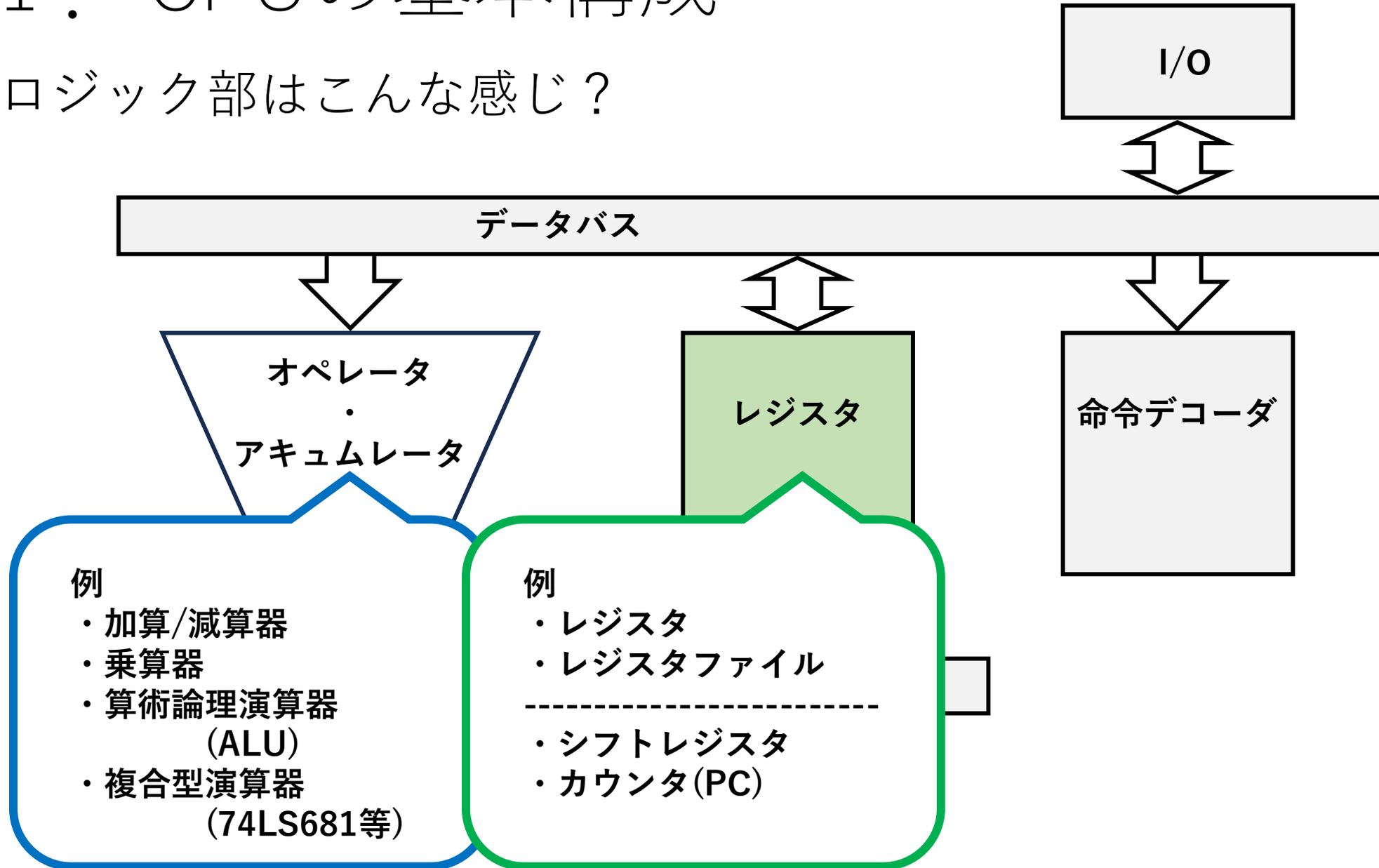
# 1. CPUの基本構成

ロジック部はこんな感じ？



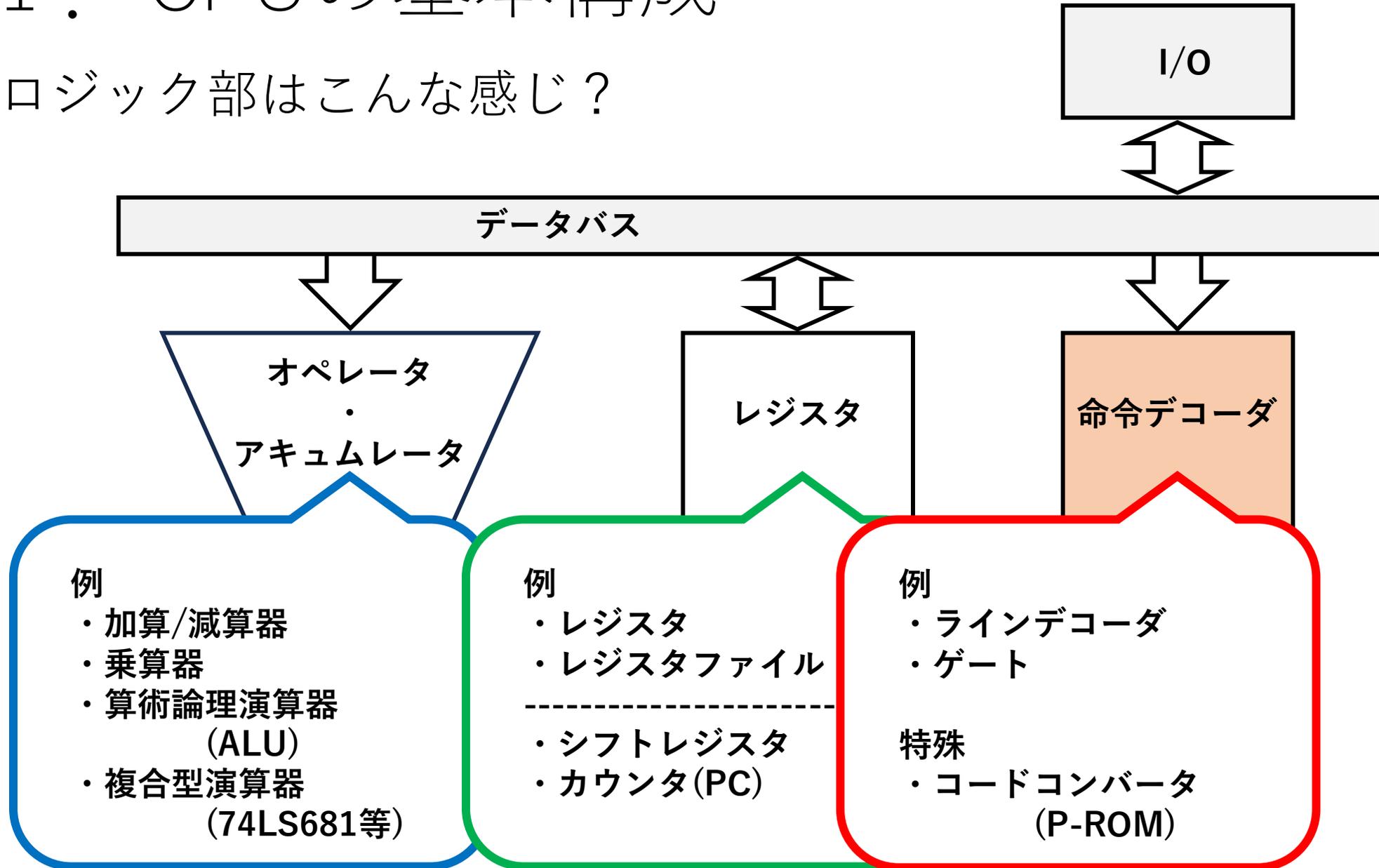
# 1. CPUの基本構成

ロジック部はこんな感じ？



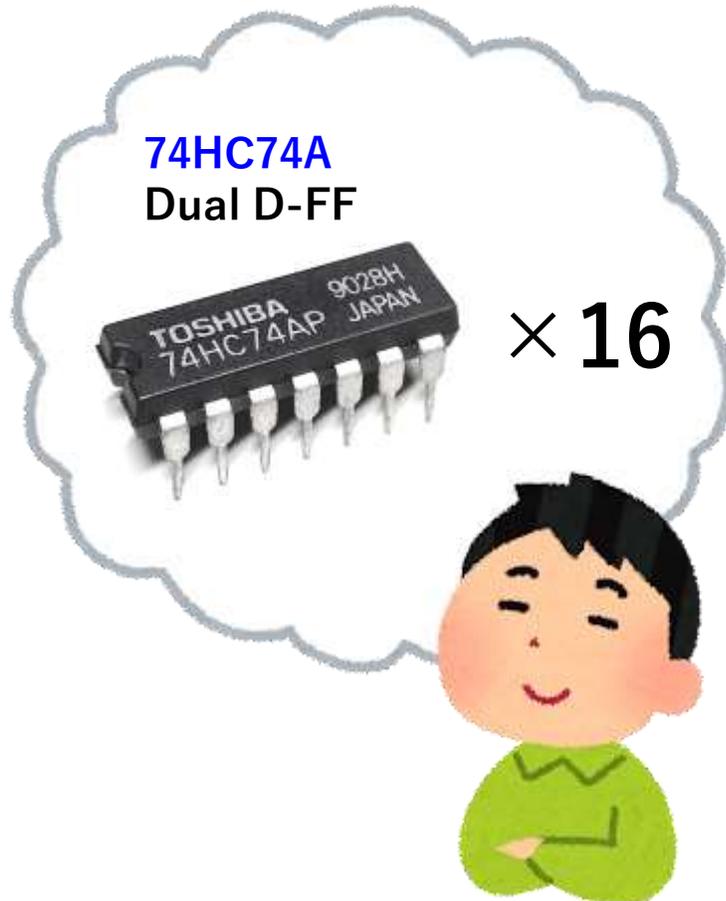
# 1. CPUの基本構成

ロジック部はこんな感じ？



# 1. CPUの基本構成

例：4Word×8bitのレジスタを構成したい！！



悪くはないが...

基板占有面積→ **増加**

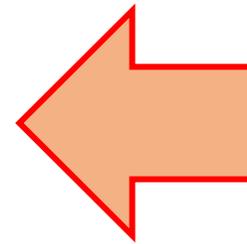
配線量→ **増加**

コスト→ **増加**

根気と時間が必要です。

# 1. CPUの基本構成

実際に構成するなら…



こっちの方が楽！！

# 1. CPUの基本構成

ICにも適材適所はある。

**扱うデータ長は？**

**ICの機能は不足 or 過剰か？**

**制御がしやすいか？**

**かえってICが増えることも…**

# 1. CPUの基本構成

最終目標

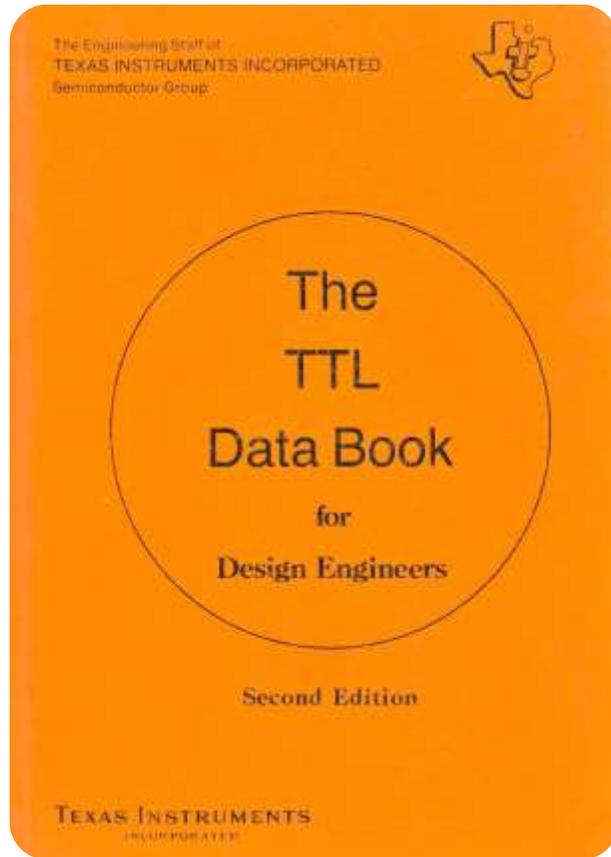
**IC設計者の意図を読み取り、  
洗練されたハードを作ろう！**

2. “74”と対応させる

## 2. “74”と対応させる

74シリーズの聖書

The TTL Data Book

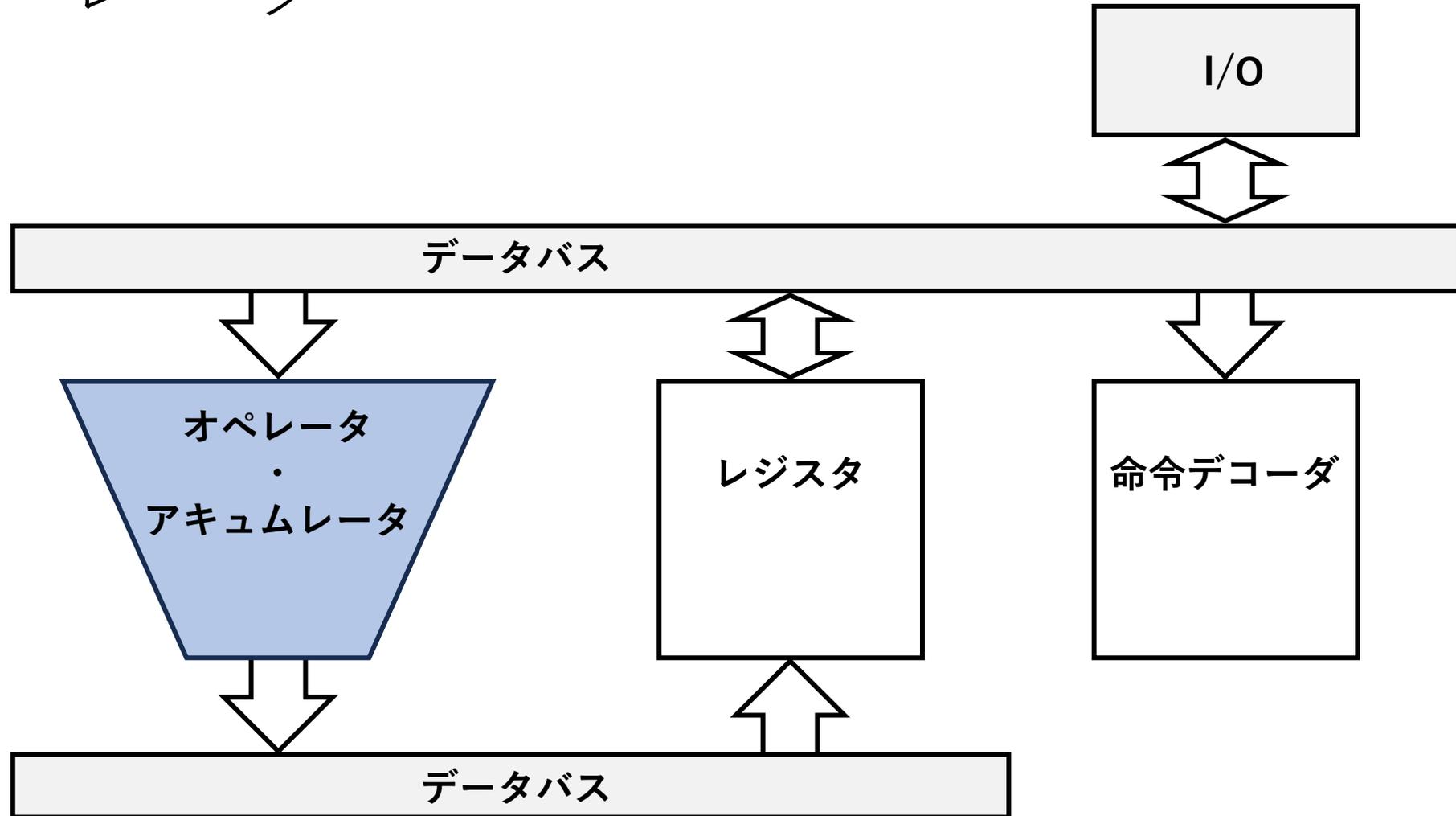


**厳選した**型番を74HCxxでご紹介

- ・ 特徴的な機能
- ・ 押しポイント
- ・ 入手性   ★(絶望)から★★★★★★(容易)まで

※EOL品は、NOSとして小売店で販売されている保証はありません。  
このような部品の入手については個別にお問い合わせください。

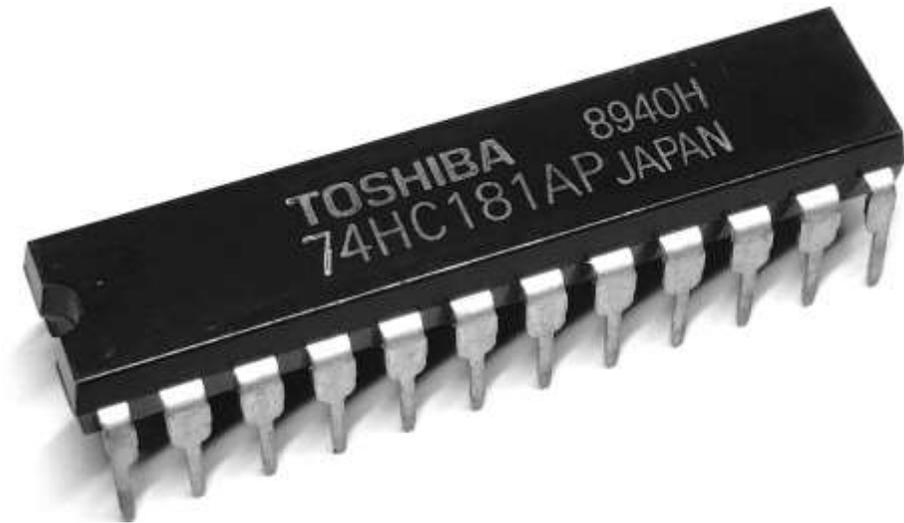
# オペレータ



オペレータ

# 74HC181 Arithmetic Logic Units

## 特徴



- **論理演算と計算動作が可能**

M入力により、切り替えが容易

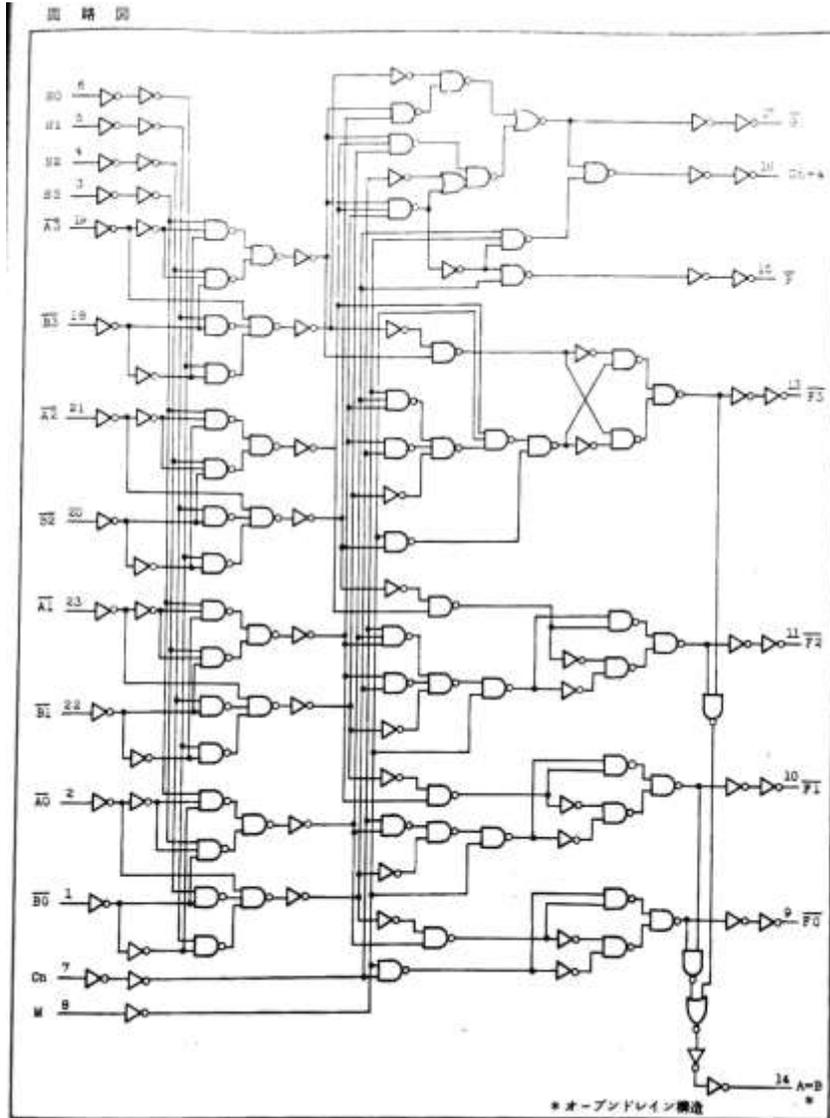
- **桁上がり方式の選択が可能**

リプル or ルックアヘッド(74HC182併用)

**ALUといえはこれ！**

# オペレータ

# 74HC181 Arithmetic Logic Units



出典：TC74HCシリーズ技術資料 株式会社 東芝

## 押しポイント

## 論理回路の頂点といえる完璧な構成

開発した技術者はおそらくド変態

これ以上ゲートの省略は困難…

～コラム～

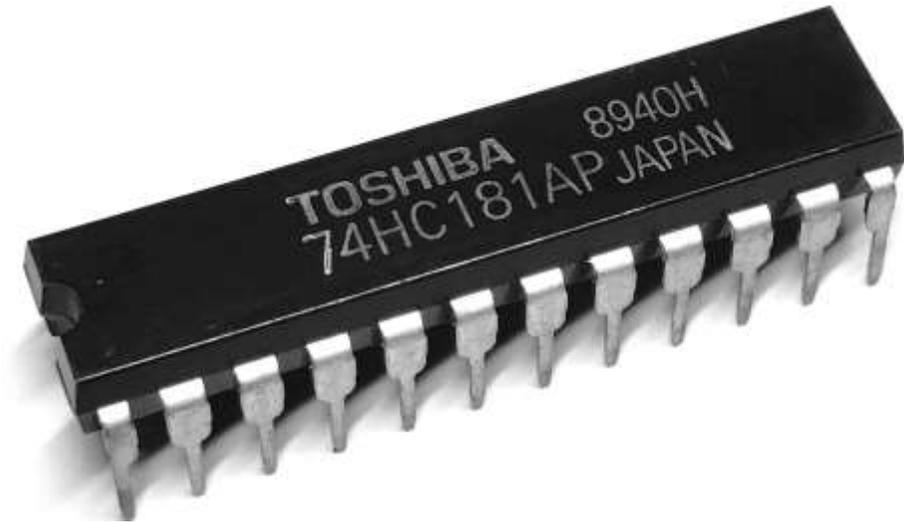
74LS181の機能省略版である74LS381の方が、トランジスタ数が多い…

74LS381の回路構成は完全な積和型の為、ゲート遅延の観点では優秀。

オペレータ

# 74HC181 Arithmetic Logic Units

## 入手性



絶望的です…

74181 , 74S181 , 74LS181なら



TTL版は大量生産されたので  
以下のお店でも辛うじて入手可能

若松通商、サンエレクトロ (2023年6月 調査)



オペレータ

# 74HC283 4-Bit Binary Full Adders

## 特徴

- ・ **高速桁上がり回路**を使用

カスケード接続も可能です



## 押しポイント

- ・ 1列に実装して、**配線長短縮**

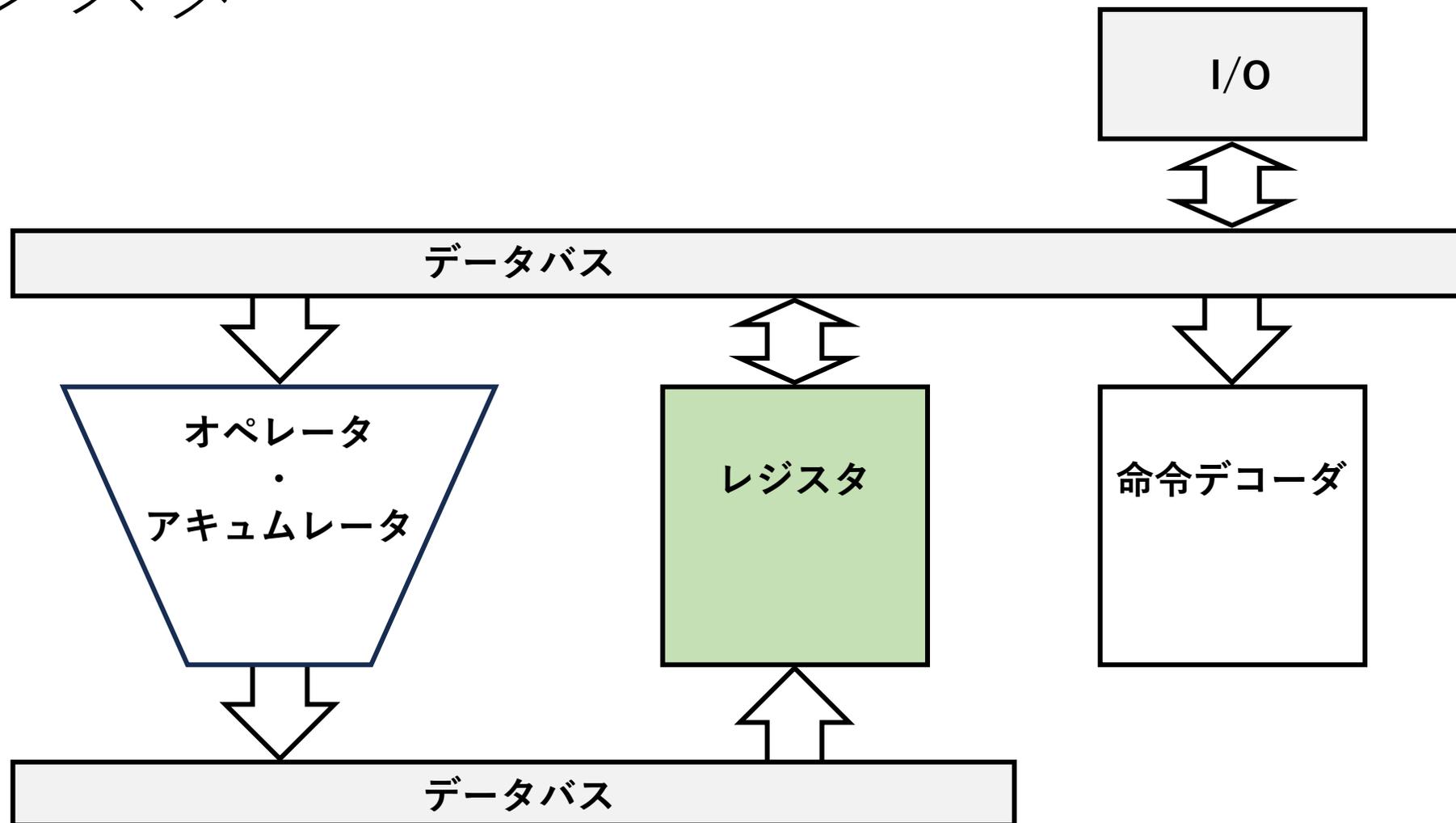
基板の縦/横配線が容易になる

## 入手性



千石電商で入手可

# レジスタ



# レジスタ **74HC173** 4-Bit D-Type Registers



## 特徴

- ・ **汎用レジスタ**に利用可能

ラッチ、ホールドの切り替えが容易

- ・ **データバスに直結**が可能

出力部が3-ステートとなっている

## 入手性



比較的大量生産された部類です

# レジスタ **74HC670** 4×4 Register File



## 特徴

- ・ **読み書きタイミングが独立**

異なるシステム間の通信にも使用可

- ・ **データバスに直結が可能**

出力部が3-ステートとなっている

## 入手性



最近、置く店が少なくなってきました

# レジスタ **74HC194** 4-Bit Bidirectional Shift Registers



## 特徴

- ・ **シフト方向制御が可能**

しかも、制御ピンは2本だけ！

- ・ **汎用レジスタにも使用可能**

シフト or ラッチの選択が出来ます

## 入手性



こちらも置く店が少なくなってきました

# レジスタ **74HC161/163** 4-Bit Binary Counters

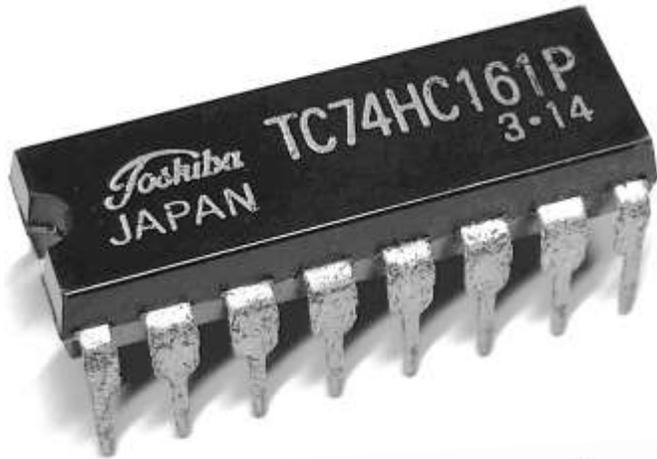
## 特徴

- ・ **カスケードで多段化が可能**

桁上がりの処理方法もP/T入力で選択可

- ・ **汎用レジスタにも使用可能**

カウント or ラッチの選択が出来ます

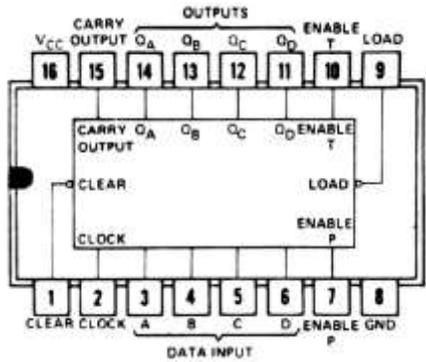


## 入手性

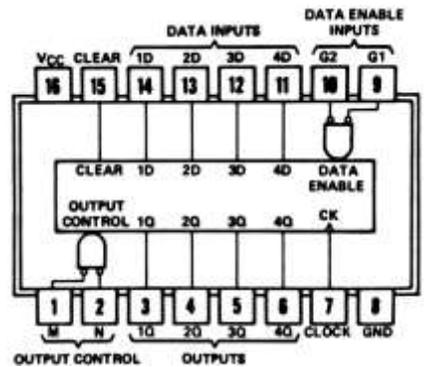


秋月電子や千石電商でも入手可

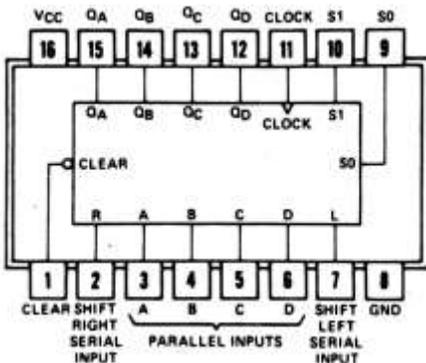
# レジスタ 74HC161/163, 74HC173, 74HC194



74HC161/163



74HC173



74HC194

## 押しポイント

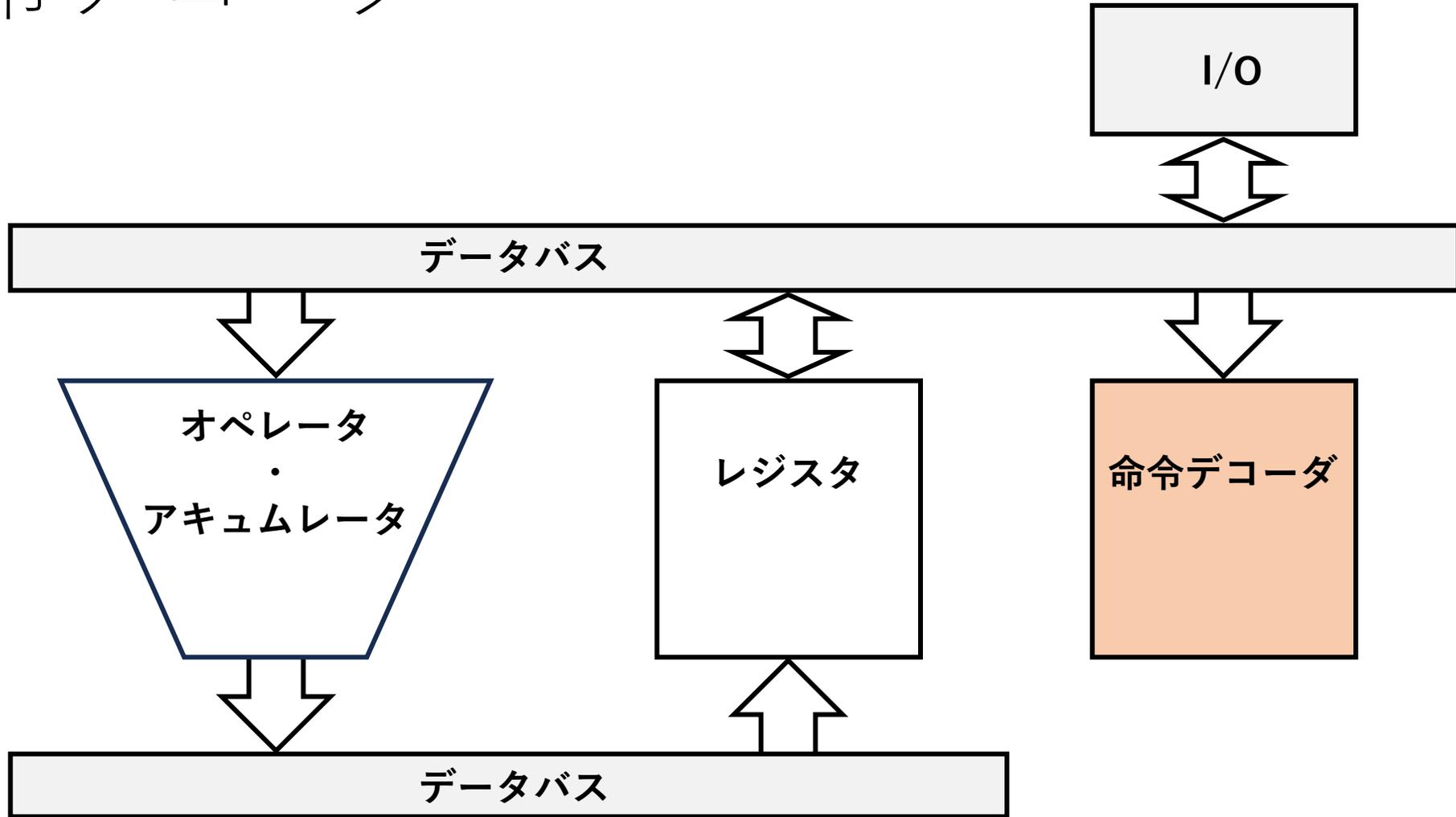
- データPinの配置が同じ

意外と他のICはピンがバラバラである…

74HC173に+1デコーダ  
→74HC161/163

74HC173にシフトデコーダ  
→74HC194

# 命令デコーダ



# 命令デコーダ

## 74HC138/139 Line Decoders

### 特徴

- ・ ICの選択、制御が可能

アクティブL、138は8出力、139は4出力×2

- ・ 遅延の少ないデコーダ設計

外付けゲートで任意のデコーダが作成可能



### 入手性



ロジックIC取扱い店なら絶対ある！

# 命令デコーダ **ROM**

とはいえ、デコード内容をROMに焼く方が楽

- 基板占有がROMだけになる

ただし出力数が8 or 16に限られる

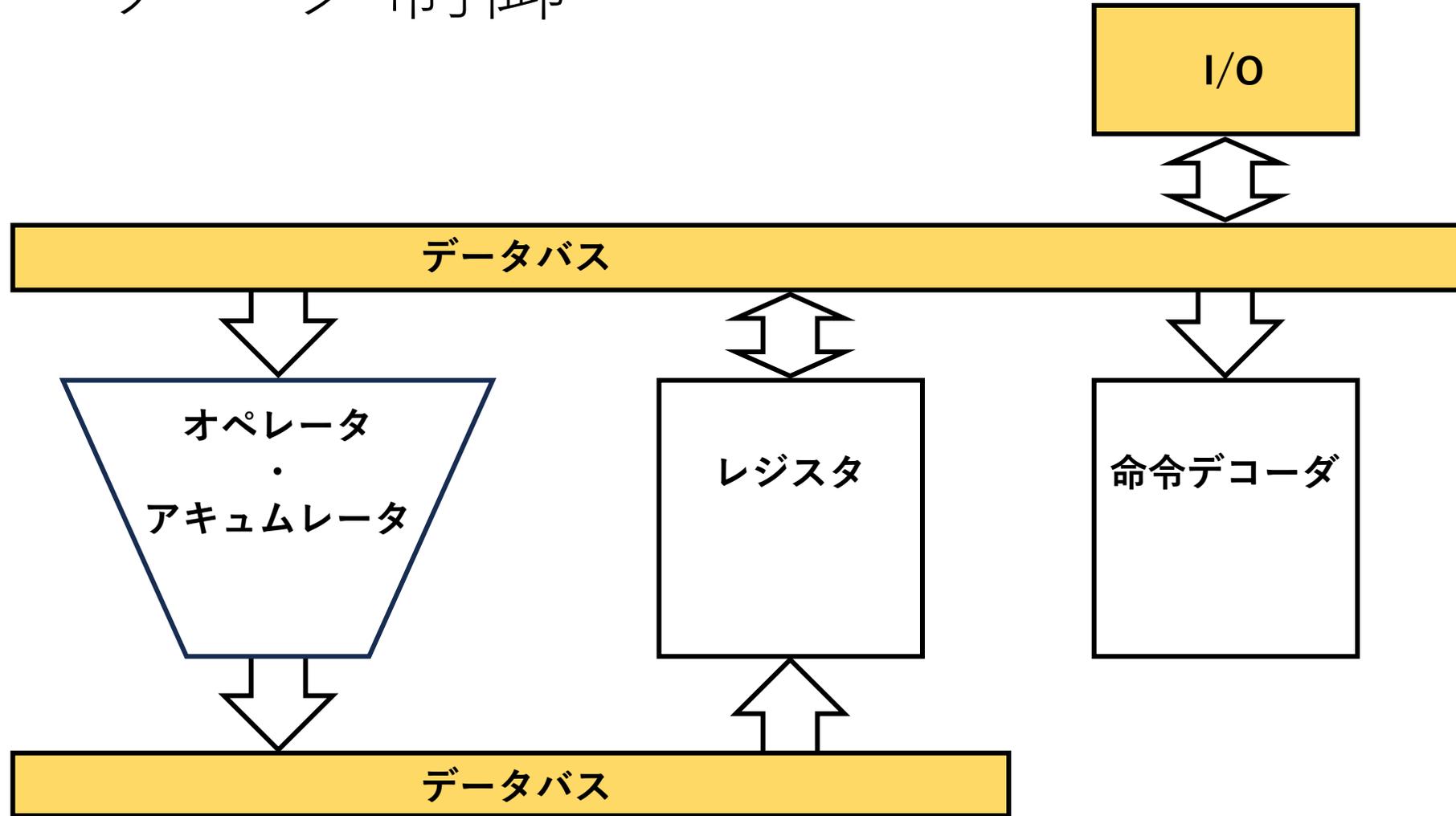
- 現代ではコスパが良い

昔はROMが高価だった…



かつては74シリーズのROMも存在した

# I/O・データ制御



# データ制御

## 74HC245 8-Bit Bidirectional Bus Buffer



### 特徴

- **データの双方向制御が可能**

方向選択 & 3-ステート制御

- **出力が強力である**

通常のゲートより許容電流値が大きい

### 入手性



ロジックICでは定番部品となりました

# データ制御

# 74HC151/153/157/158 Data Selector



## 特徴

- **高速でデータ選択が可能**

151→8 to 1, 153→4 to 1, 157/158→2 to 1

- **出力制御が可能**

3-ステート版は74HC251/253/257/258

## 入手性



定番部品ですが、一部EOLとなりました

I/O

# 74HC148 8-to-3 Line Priority Encoder

## 特徴



- ・ **優先回路が内蔵**

スイッチインターフェース回路に便利

- ・ **状態出力回路が内蔵**

信号が入力されている間、アクティブとなる出力

## 入手性



秋月電子で入手可

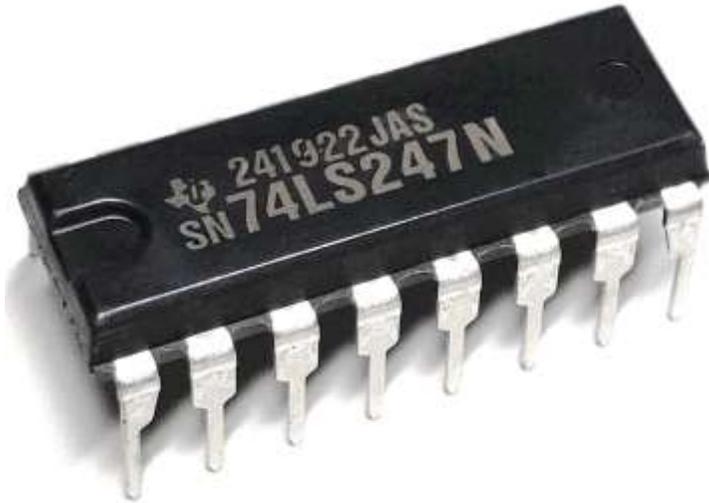
I/O

# 74LS247 BCD-to-7-Segment Decoders

## 特徴

- ・ 7seg-LEDと抵抗が接続可

アノードコモンタイプを使う必要がある



## 入手性



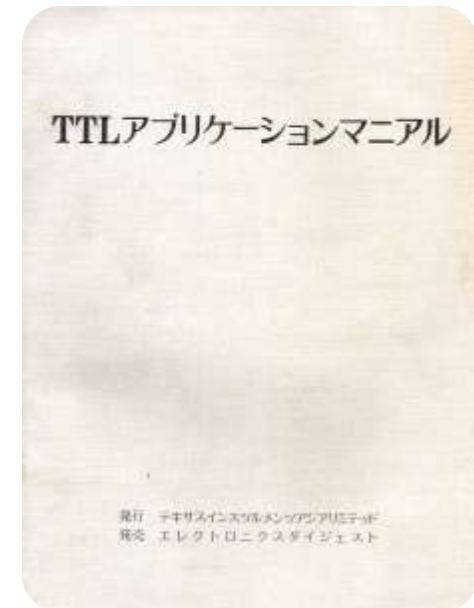
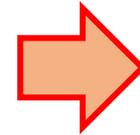
TTLですが、いろいろなお店で取扱い有

## 2. “74”と対応させる

今回取り上げたICと、わずかなゲートで、

**かなり本格的なCPUハードを構成することができます。**

ICの使い方は  
公式アプリケーションノートが便利



# 3. 実践編

思い立ち

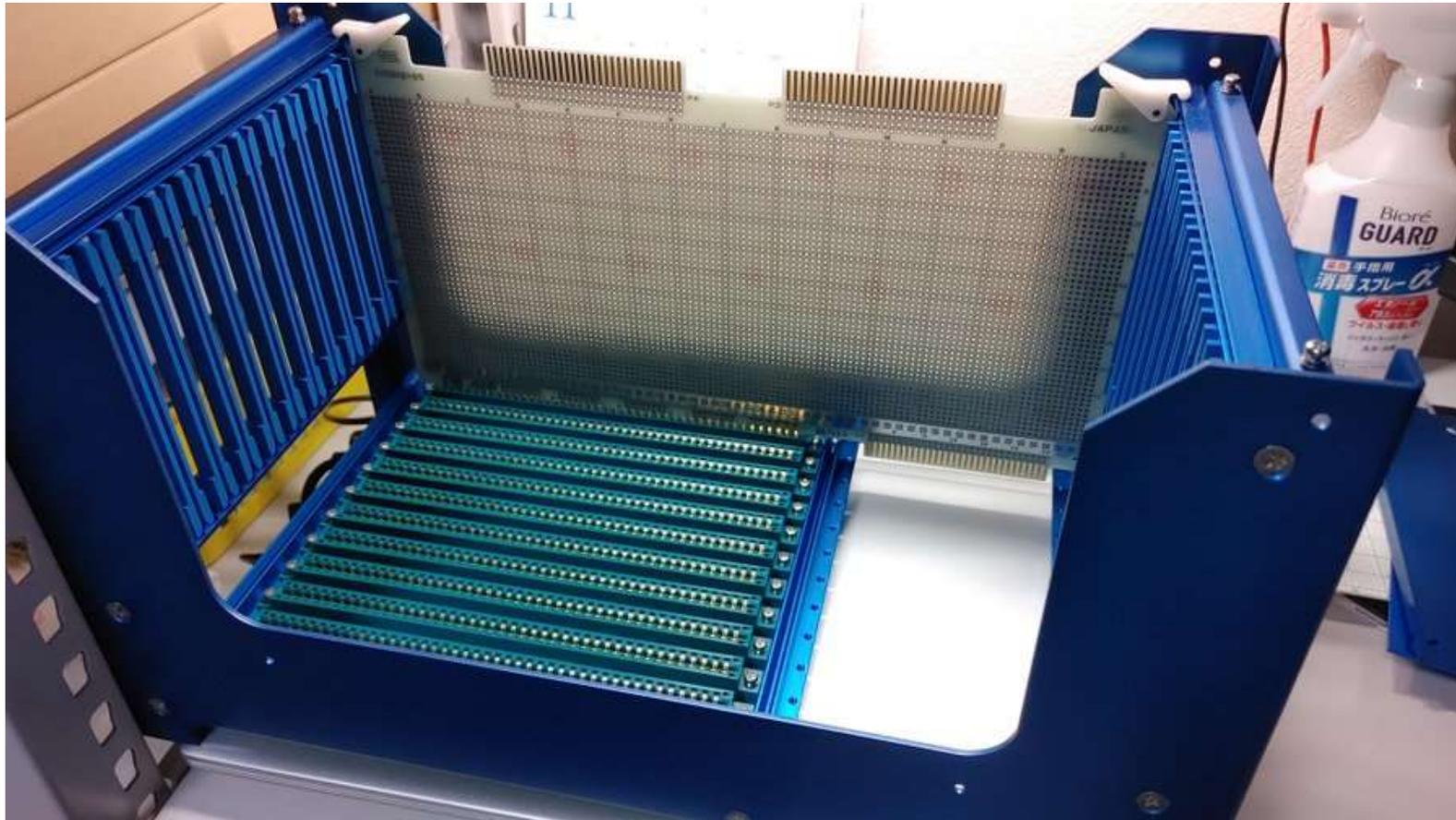
家にあるTTLをどうしようか

**そうだ、コンピュータをつくろう**

そんな衝動に駆られました

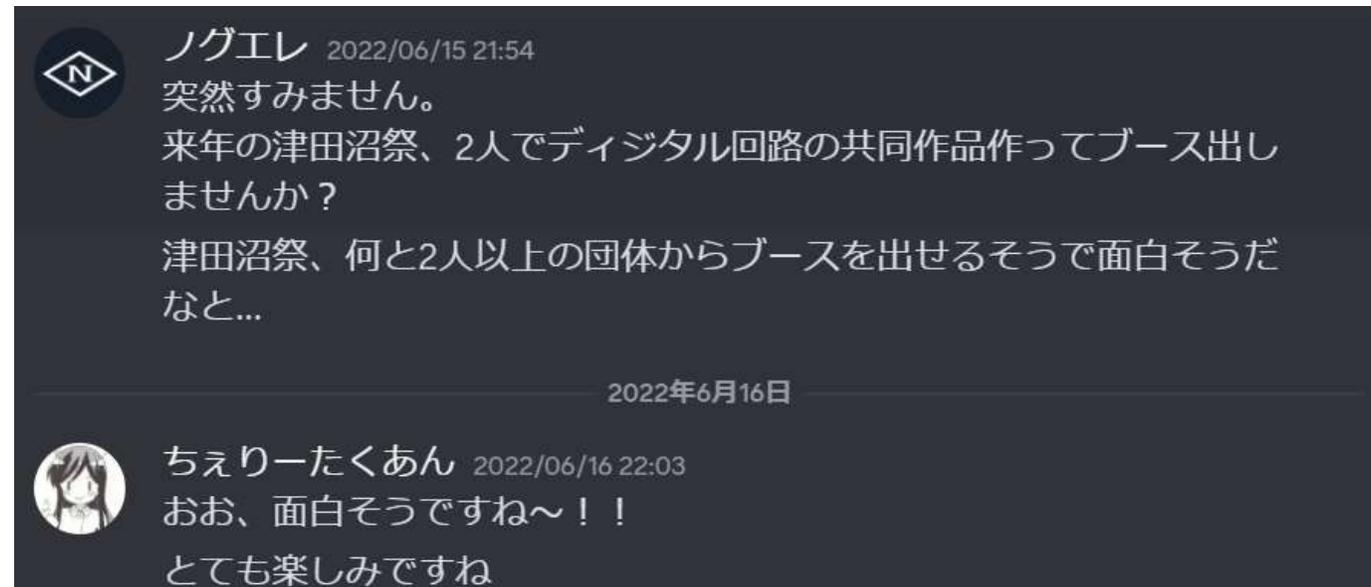
# 思い立ち

運よくKEL製のCPUラックが手に入りました。



# 思い立ち

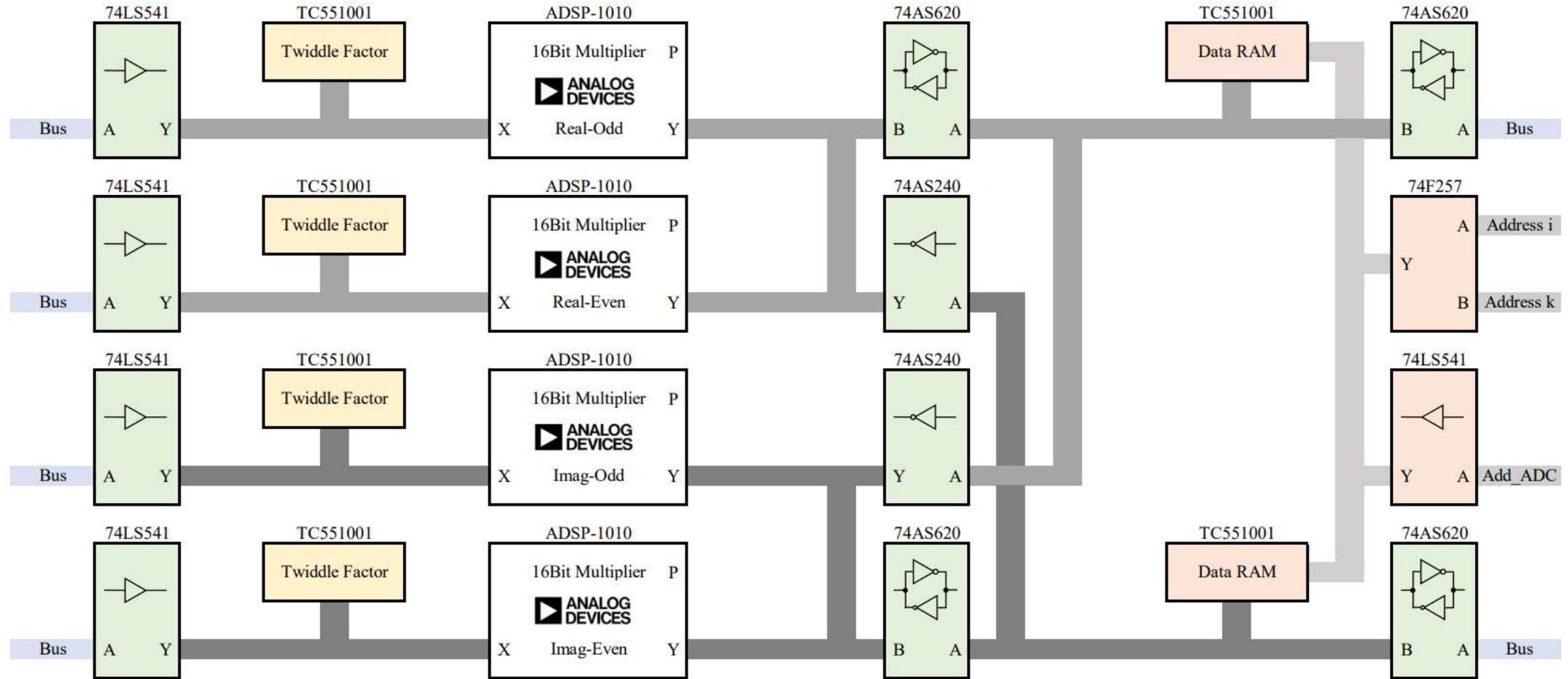
同時期、大学の後輩とFFT基板の開発を行っていました。



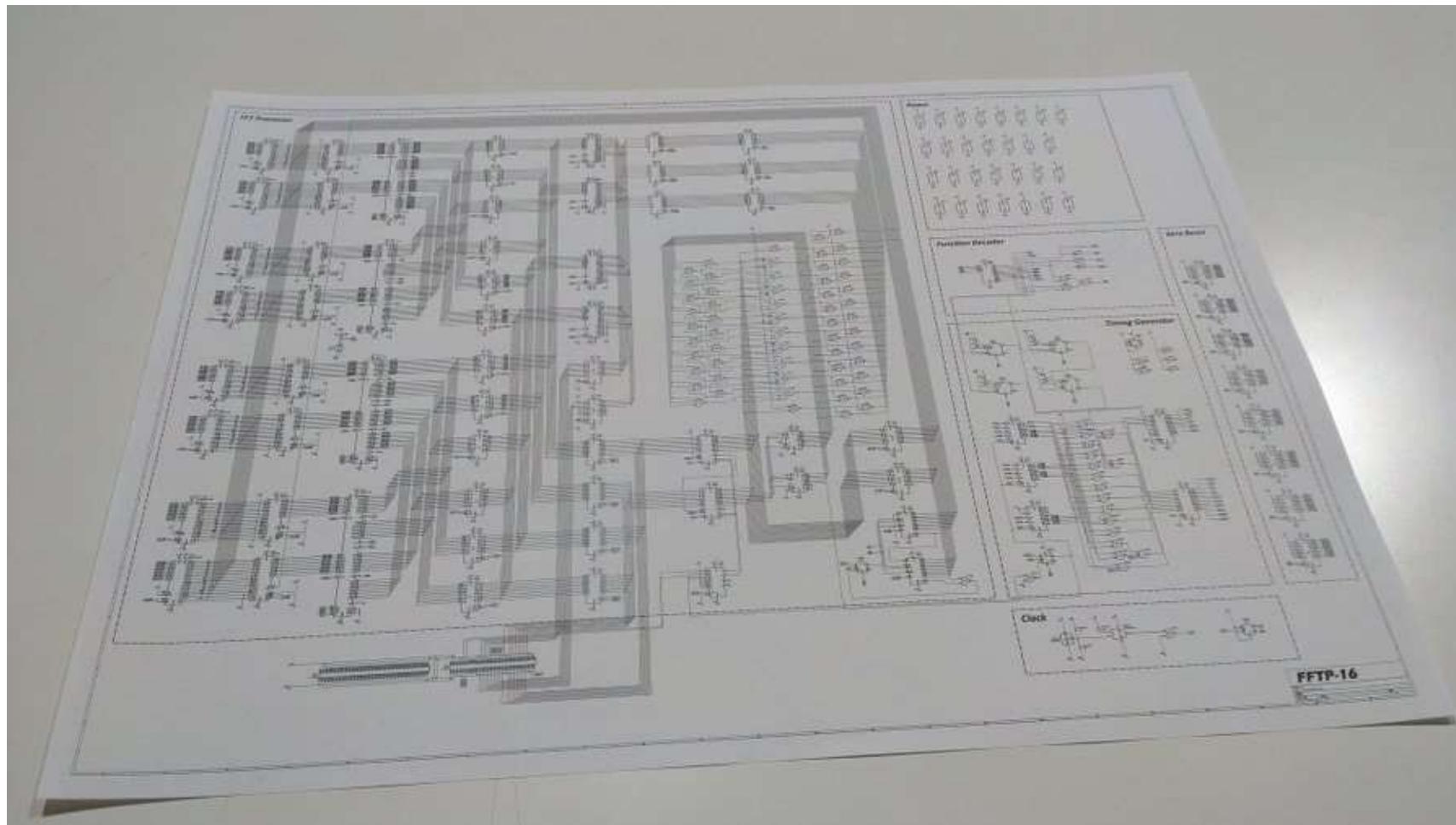
←全ての始まり

この時は大規模な基板設計の経験がなかったので、練習も兼ねてFFTP-16の設計を始めました。

# FFT専用ハード(FFTP-16)の構成

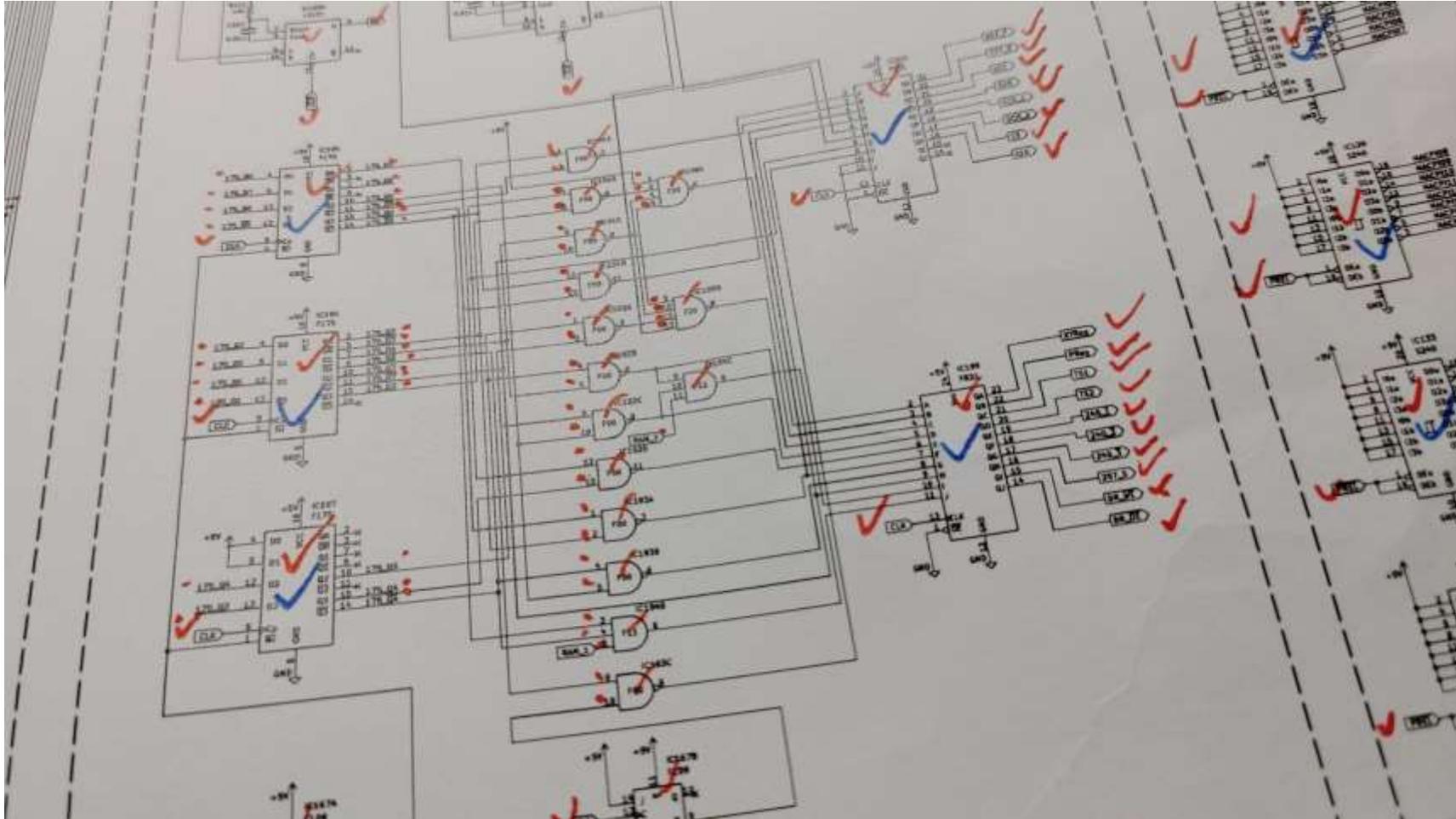


# 回路図の作製



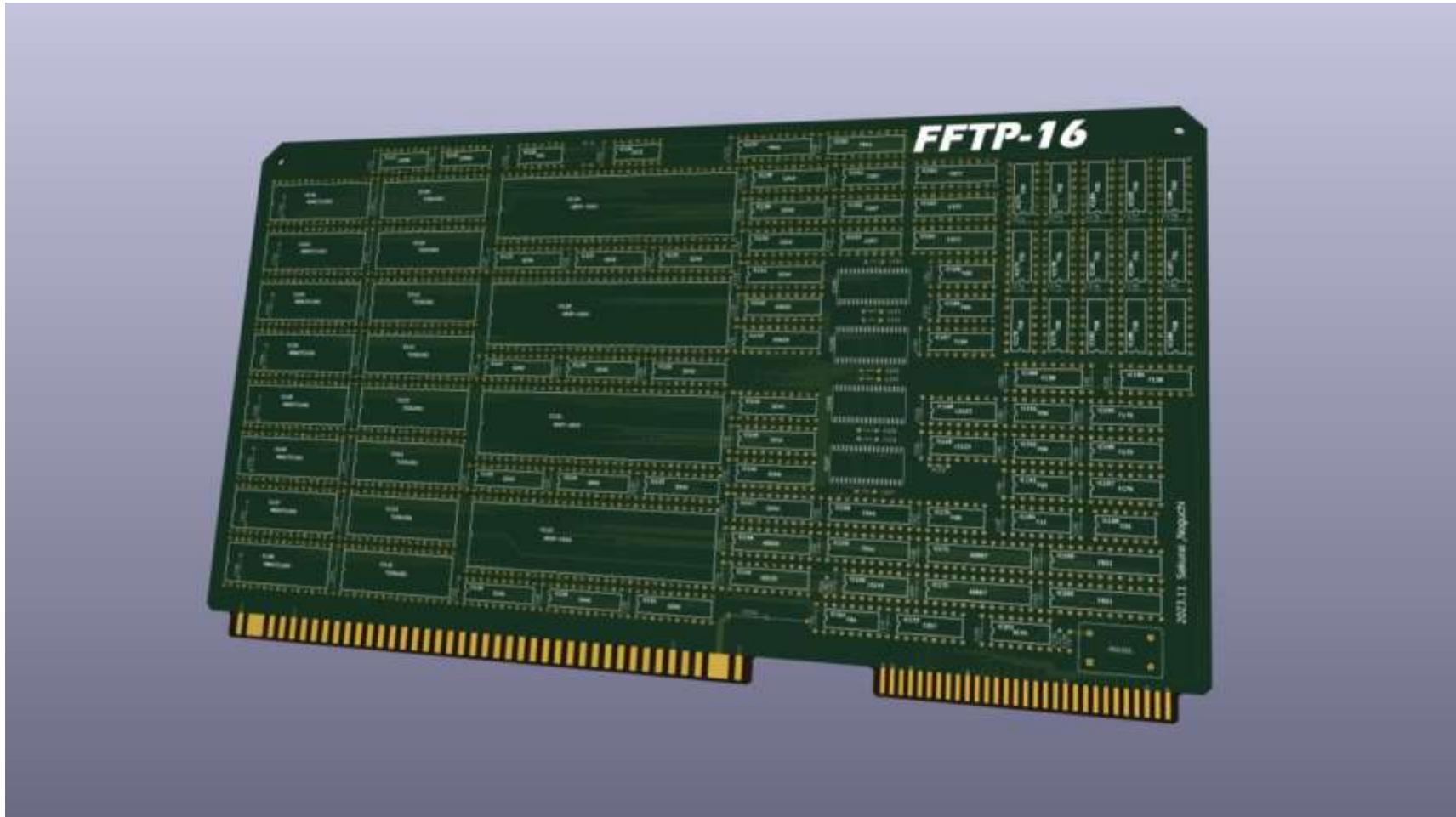
回路図のサイズは驚異のA0です。

# 回路図の作製



回路図は入念にチェック

# 基板設計



定番のKiCADで設計しました。

# FFTP-16の開発



組みあがった基板がこちらです。

# 現在



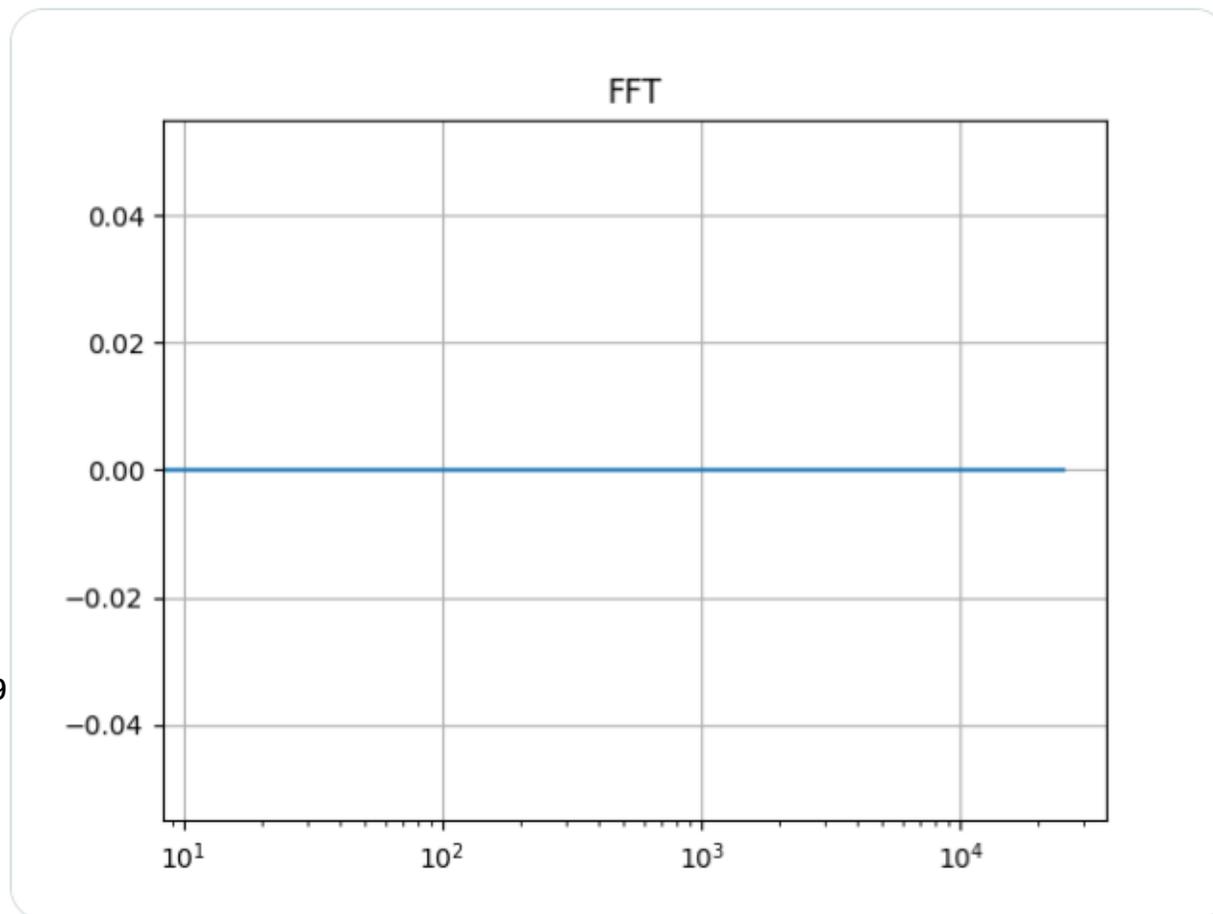
無信号時のFFT結果が0になってくれる喜び  
やっと乱数発生器ではなくなった

## 絶賛デバッグ中です！

## 乱数発生器になってます…

## が、一筋の光が差し込む！？

引用：[https://twitter.com/cherry\\_takuan/status/1730716514096181509](https://twitter.com/cherry_takuan/status/1730716514096181509)



# 今後

FFTP-16が完成後、改良機のFFTP-16Aを製作予定

並行し、メインCPU基板の設計製作も進める予定

最終的に、ラックに12枚の基板を挿したい！！

ご清聴ありがとうございました

2023@EN\_gelou