

・ まえがき

本書では NAND だけで ALU を作るワークショップのために作成していますが，使用している基板等はすべてオープンにしてあります．

ご自身で基板の製造を行い同じことを体験することも可能になっているため，ご興味のある方はぜひ試してみてください．

.....

URL:<https://cherry-takuan.org>

.....

0.1	必要な道具	3
	吸煙器	3
	耐熱作業マット	3
	はんだごて	3
	こて先のクリーナー	3
	糸はんだ	3
	フラックス	4
	ニッパ	4
	ピンセット	4
0.2	ALU とは	5
0.2.1	どのような機能があるか	5
0.3	回路と操作	6
0.4	作ってみる	7
	チップ抵抗	7
	IC	7
	コンデンサ	7
	LED	7
	集合抵抗	8
	ピンヘッダ, ターミナルブロック	8
0.5	組み立て後	8
0.6	不明な点があった場合	8

§ 0.1 必要な道具

当日は道具の貸し出しは行っていません。ご自身で用意してください。
大まかに以下のものが必要になります。

- 吸煙器
- 耐熱作業マット
- はんだごて、こて先
- こて先のクリーナー
- 糸はんだ
- フラックス
- ニッパ
- ピンセット
- カッターまたはデザインナイフ

■吸煙器 会場の都合上、必須となります。ない場合は作業ができませんので十分に注意してください。
同じ会場で行うワークショップを参考に用意してください。

ComProc CPU Board 組み立ての手引き https://scrapbox.io/uchan/ComProc_CPU_Board%E7%B5%84%E3%81%BF%E7%AB%8B%E3%81%A6%E3%81%AE%E6%89%8B%E5%BC%95%E3%81%8D#623426b0d1e8c10000ea688f

■耐熱作業マット こちらも会場をお借りするので、損傷させないためにもご用意ください。Amazon などではんだ作業マットと検索すると出てきます。こて先は通常 300℃程にはなりますから 500℃位のものを選ぶと良いかと思います。

■はんだごて はんだごてはホームセンターにあるような安いものより温度調節機能付きのものがおすすめです。おすすめの機種を例に挙げると

- PX-280 (goot)
- FX-600 (白光)

これらは Amazon 等で簡単に手に入ります。4000~5000 円程ですからぜひこのようなものをご用意ください。もちろんステーション形の高級機でも OK です。

また、ものによってはこて先が付属していません。こて先のないはんだごてでは作業は不可能なので忘れずに入手してください。

よく使われるのは C タイプで、先端の太さによって C2(太さ 2mm) や C3(3mm) などと呼ばれています。C2, C3 あたりを用意すれば問題ないでしょう。

好みがわかれますが、個人的には B タイプと呼ばれるものでも良いと思います。しかし面実装部品に関しては明らかに C タイプの方が作業がやり易いので購入時にはご注意ください。

また、高温になるはんだこてを安全に保持できるこて台も用意すると良いでしょう。やけどの危険性が減ります。購入したはんだごてによって適合するものが異なるため、はんだごての商品ページなどからお探してください。直置きは絶対にダメです。

■こて先のクリーナー はんだは熱し続けると「粘り」ます。作業性が悪くなり、はんだの濡れも悪くなるため定期的に拭う必要がありますのでご準備ください。

クリーナーには大きく分けてスポンジのものと金属のタワシ状のものがあります。好みなのでどちらでも。
タワシには goot の「ST-40」などがあります。

■糸はんだ 今回のワークショップではそれなりの規模のはんだづけを行います。150g 位のものがあると安心して使えます。

各社から販売されていますが、どれを使ってもそこまで違いはありません。

■フラックス はんだの濡れを良くするために使います。面実装部品がいくつかあるため手に入れておくべきです。

フラックスには基板の洗浄が必要なものと必要ないものがあります。洗浄が必要なものは放っておくと腐食したりするためフラックス洗浄剤や IPA を用意する必要があります。

今回の回路では特性にあまり影響がでないので無洗浄タイプで十分です。無洗浄タイプには goot の「BS-75B」などがあります。

■ニッパ 切れるものなら特に指定はありません。小型のものが使いやすいでしょう。

■ピンセット ピンセットはあまり安いものは買わない方が良いです。先端がそろっていないものもあり、作業に向いていません。

ホーザンの「P-882」は比較的安価ですが使いやすくおすすめです。100 均のものはやめた方が無難です。

§ 0.2 ALU とは

ALU とは「算術論理演算装置」と呼ばれる，CPU などが発生する演算を主に処理する機構のことを指します。

もっと砕いて見ると，様々なソフトウェアは足し算や引き算，その他の演算を繰り返し実行して実現されていますが，そういった際に使われるいわゆる「CPU の電卓」です。電卓の中にも CPU があるのでは?という点は目をつぶっていただいて...

0.2.1 どのような機能があるか

ALU では様々な演算が行えますが，本 ALU で行える演算を紹介したいと思います。

表 0.2.1 FUNCTION TLABLE

FUNCTION TYPE	MODE 1	MODE 2	MODE 3	SELECT
ADD	LOW	HIGH	HIGH	select_ADD/SUB
SUB	HIGH	HIGH	HIGH	select_ADD/SUB
AND	HIGH	HIGH	Don't care	select_AND
OR	HIGH	HIGH	LOW	select_OR/NOT/XOR
XOR	HIGH	HIGH	HIGH	select_OR/NOT/XOR
NOT	HIGH	LOW	HIGH	select_OR/NOT/XOR
SLR	HIGH	LOW	Don't care	select_R
SLL	HIGH	LOW	Don't care	select_L
SAR	LOW	LOW	Don't care	select_R
SAL	LOW	LOW	Don't care	select_L
Through	HIGH	LOW	Don't care	select_AND
HIGH	HIGH	LOW	LOW	select_OR/NOT/XOR

表 0.2.1 は ALU の機能選択の表ですが，FUNCTION TYPE の欄が演算の種類です。

まず算術演算と呼ばれる，入力された値を全体で数値として扱う（つまり桁上がりなどがある）演算である ADD，SUB があります。これらはそれぞれ算術加算，算術減算を行います。要するに足し算と引き算ですね。

論理演算には AND，OR，XOR，NOT の基本的な論理演算に加えて算術シフト命令と論理シフトがあります。SLL，SLR がそれぞれ論理左シフト，論理右シフトで値をを単純に 1bit 左にずらす，右にずらす動作です。SAL，SAR がそれぞれ算術左シフト，算術右シフトで論理シフトとの違いは最上位 bit のみシフトの影響を受けない点です。このようにすることで符号付き（2 の補数）で 2 の n 乗の乗除算が可能になります。

§ 0.3 回路と操作

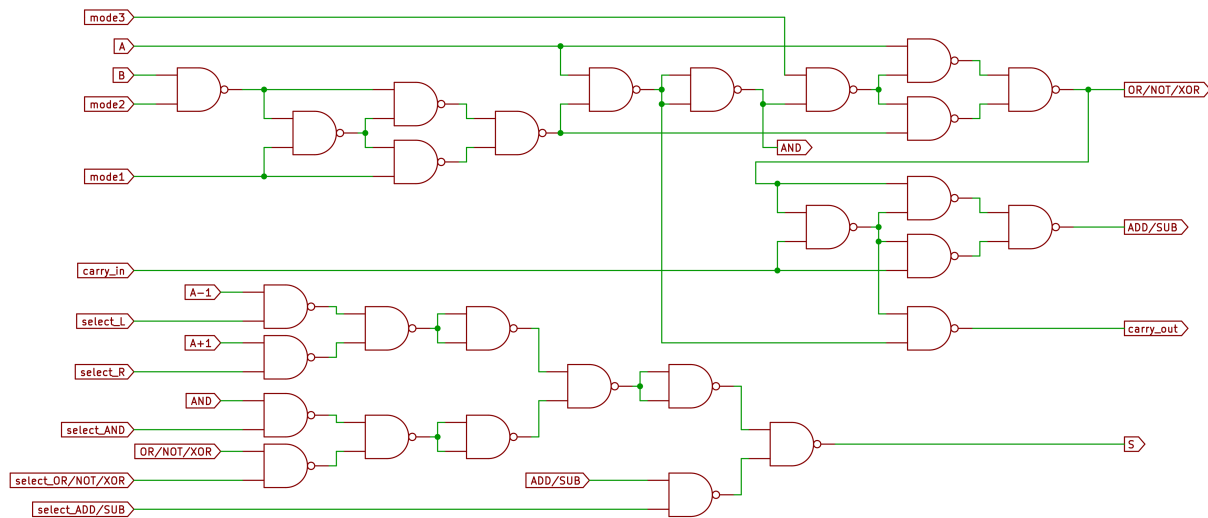


図1 ALU Ver6 1bit 分の回路図

1bit 分の回路は図1 のようになっています. 全体の回路は https://github.com/cherry-takuan/nlp/blob/master/nlp-16a/Hardware/alu_c/%E5%9B%9E%E8%B7%AF%E3%83%97%E3%83%AC%E3%83%93%E3%83%A5%E3%83%BC.pdf から参照してください.

操作は表 0.2.1 の FUNCTION TYPE から演算したい機能を選び, その行にあるように回路中の mode1~3 を設定し, 表 0.2.1 の SELECT に指定してある回路図中の制御線を H にすると演算が出来ます.

例:ADD 演算

回路中のラベルとそれらの制御信号の内容

- mode1 : LOW
- mode2 : HIGH
- mode3 : HIGH
- select_L : LOW
- select_R : LOW
- select_AND : LOW
- select_OR/NOT/XOR : LOW
- select_ADD/SUB : HIGH

この状態で A,B(加えて carry_in) に入力信号を与えると S に結果が出力されます.

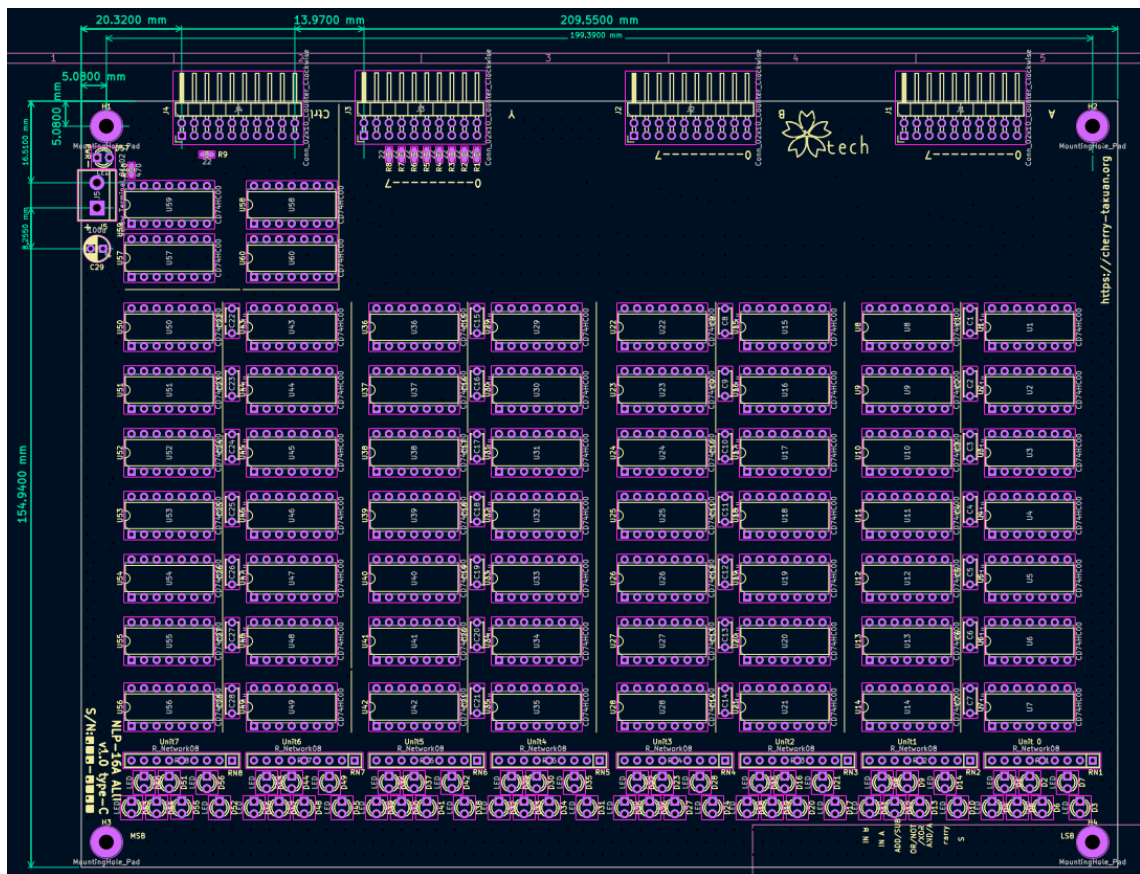
今回製作する ALU は 8bit であるため図1 の回路が並列に 8 つ並んでいます. 注意点としてはデータは 8 つ並んでいる回路それぞれ入力の 8bit がつながりますが, mode1~3 や select なんちゃらの制御は 8 つ並んだ回路すべてで同じ信号になります.

§ 0.4 作ってみる

組み立ては基板に以下のものをはんだづけしていきます。

1. チップ抵抗 (1608 サイズ): 10 4.7k
2. IC: 74HC00
3. コンデンサ: セラミックコンデンサ 0.1μ 電解コンデンサ 10μ
4. LED: 3mm 赤色
5. 集合抵抗: 4.7k
6. ピンヘッダ, ターミナルブロック

設計上初めにチップ抵抗をはんだしないと非常にやりにくい箇所があるため、はんだの順序はリストの順がおすすめです。



■チップ抵抗 まず R1~R10 のチップ抵抗を付けていきます。

R1~R9 は 10Ω , R10 のみ $4.7k\Omega$ なので注意してください。

■IC IC は 74HC00 のみです。U1~U60 まであります。

■コンデンサ C1~C29 まであり、C1~C28 まではセラミックコンデンサ $0.1\mu F$ を、C29 のみは電解コンデンサ $10\mu F$ を付けてください。

C1~C28 は傾き、値の刻印の向き等がそろっていると見栄え、整備性が良くなります。

なお、C29 には極性があるので向きに気を付けてください。部品の白い帯が基板の白いシルクと同じ向きになるように取り付けます。

■LED D1~D57 まであります。すべて赤色の 3mm ですので向きを気を付けてつ基板に取り付けてください。

向きはランドが丸いほうが長い脚 (アノード) となるようにしてください。

■集合抵抗 集合抵抗とは複数の抵抗器が 1 つのパッケージに収まっているものです。

RN1～RN8 までがあり、1 番ピンの刻印 (パッケージにある丸の印刷) が四角いランドになるとように取り付けを行います。

■ピンヘッダ, ターミナルブロック J1～J4 に 2x10 ピンのピンヘッダを取り付けます。端子が外側を向くように取り付けてください。

J5 にはターミナルブロックを取り付けます。基板のシルクは向きが反対ですが、ケーブルが外側から挿入できる向きで取り付けしてください。

以上の工程で組み立ては完了です。

§ 0.5 組み立て後

組み立て後はこちらで用意している ALU のテスト機材でテストを実施します。

すべてのテストにパスをしたならば組み立て終了、エラーがあれば原因を探し修正を行います。

テストもパスしたならば基板の応用などについて説明を行いますのでキットをもち帰った後に自作 CPU やそれ以外のものに応用してみてください！続報をお待ちしています！

§ 0.6 不明な点があった場合

ご不明な点がありましたら、ディスコードサーバー「ロジック IC とかで自作 CPU の会」の中にある「質問」テキストチャンネルにて受け付けておりますのでそちらにご質問をお願いします。