

MSXへのFPGA活用

New CPU/VDP

2025年1月18日 HRA!

自己紹介

- HRA! (原 貴幸)
- 某メーカー ASIC設計者
- 最初のMSXは HB-F1II
- 今は FS-A1GT, MX-10, MX-101, V-10, 1chipMSX, SX-1, SX-2, SX-E, ちくわMSX, MSX0Stack, MSX0Card
- BMP2MSX, ZMA, MGSP, MSX-BACON, OCM-PLD, RabbitAdventure 等



物作りのためのMSX

- MSX-BASICでプログラミング
- 機械語プログラミング
- 絵を描く
- 音楽を作る
- ゲームを作る
- MSX本体のメンテナンスや改造
- ジョイパッド制作
- カートリッジ制作
- 自作ゲームを売ってみる

もちろんゲームでも遊びましたが、
物作りが好きな性格なので、
色々作ることにMSXを活用

MSXを作りたい

MSXを作りたい

- ソフトウェアエミュレーター
 - パソコン一つで作れる
 - カートリッジスロットなどのタイミング信号を正確にコントロールするのが難しい
- ハードウェアエミュレーター
 - ICを作って再現する (ASIC, FPGA)
 - 信号のタイミング制御が容易

ASICとは？

- 専用IC
- 量産時の単価が安い
- 開発コストがむちゃくちゃ高い
- 大量生産向け
 - 100個とか1000個とかの少量生産には向かない

FPGAとは？

- 内部の回路構成をプログラム出来るIC
- ASICと比べると1つのICの価格はかなり高い
- 開発費は安い
- 少量生産と相性が良い

現時点では、FPGAは最良の選択

FPGAを使う

- ハードウェア記述言語(Hardware Description Language)でデザイナー
インデータを作る
 - VHDL, Verilog 等
- 1chipMSX は FPGA によるハードウェアエミュレータ

1chipMSX / OCM-PLD ふりかえり

1chipMSX

- 2006年発売 5000台
- MSX2相当
- Altera Cyclone FPGA
- FPGA評価ボードとしてみても安価



MSX2+化

- FPGA評価ボードとして2台購入
- V9958 の YJKモード, 横スクロールを追加
- 1chipMSX改と名付けて無断で公開
- MSX Resource Center (MRC) にスレッド作成
 - <https://www.msx.org/forum/msx-talk/revival/one-chip-msx-improvement-project#comment-436362>



OCM-PLD

- MRCでKdL氏と知り合う
- KdL氏は 1chipMSX改をベースに細かい機能を色々追加した OCM-PLD を公開
 - 私は、勝手な機能追加はあまり好きではなかった

Terasic DE0

- caro氏が OCM-PLD を Terasic DE0評価ボード (Cyclonell) にポーティング
- カートリッジスロット基板の回路図などが公開される
- MSX用に作られたボードでは無いため、50MHz のクロックが載っており、21.47727MHz であるべきところが 21.48MHz になっている

2009年?

- 私は 1chipMSX改/OCM-PLD のメンテからいったん離脱
- 私がいない間もMRCのスレッドで多くの人たちが議論を続け、OCM-PLDの細かいバグがどんどん改善されていく

2019年～

- MSXゲーム 大仏パラダイス の話題を見かけて再びMSXが気になりだす
- Terasic DE0 (CycloneIV) 向けにポーティングされた OCM-PLDを見つけて Terasic DE0CV (CycloneV) を購入
- 余熱氏の DEOCM を購入
- OCM-PLDベースで OCM改を作る
- S1990 / turboR-PCM / SystemTimer / PanasonicMegaROM を追加
- A1GTのBIOSが動くようにする
- ユニバーサル基板を追加して MSX-MIDI追加



OCM-PLDメンテナンスに復帰

- 再び KdL氏にコンタクトをとりメンテナンスとして復帰
- IPL-ROMの更新による機能追加
- PS/2キーボードI/Fのリファインと安定度向上
- SDカードI/Fのリファインと安定度向上
- SX-2 Indicator の作成 (次のバージョンでサポートされます)

MSX++

- OCM-PLD に対して、西さんから MSX++ という名前を頂く
- そして今。



西 和彦 Kazuhiko Nishi 
@nishikazuhiko

I give you the name MSX++ for your One Chip Msx.
Please go ahead to make such a logo and use.
permission with thaks.

[ポストを翻訳](#)

午後6:10 · 2022年7月21日



<https://x.com/nishikazuhiko/status/1550045661974110208>

1chipMSX互換機

- 8bits4ever の SX-1 / SX-2 / SX-E lite / SX-E
- Victor Trucco氏の SM-X
- Zemmix Neo

等、多数。OCM-PLDは、主に SX-2 で開発。



OCM-PLD 1st/2nd

- OCM-PLD は大きく分けて2種類ある
 - Cyclone/CycloneII FPGA搭載の 1chipMSX clone 向け 1st gen.
 - CycloneIV FPGA搭載の SM-X/SX-2向け 2nd gen.
- 2nd gen の方が高機能
 - OPL3相当、DualBIOS等

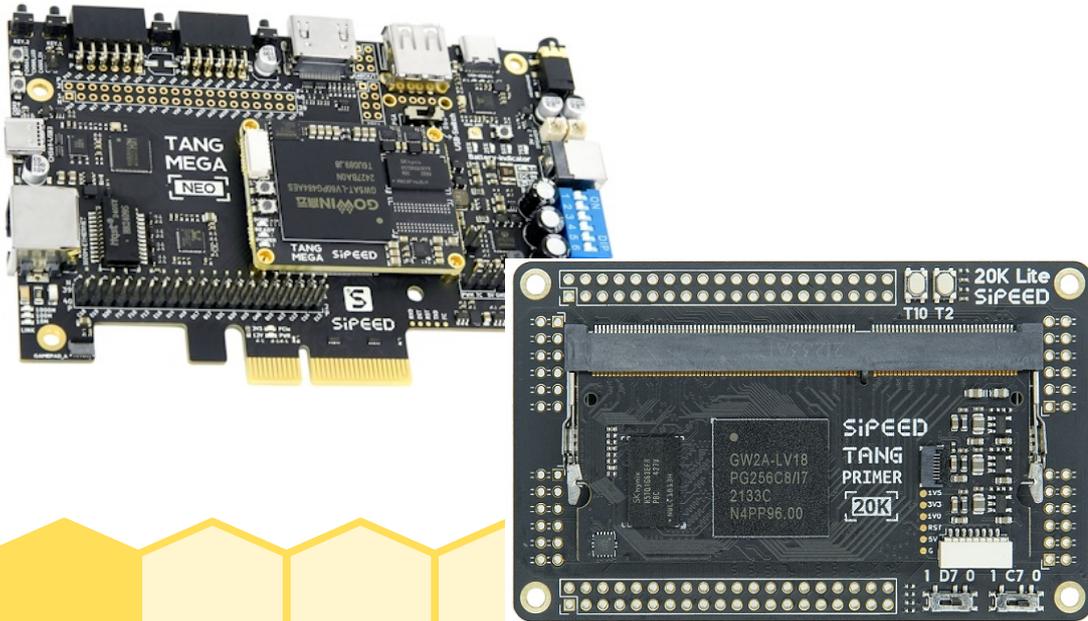
Internet対応

- ESP32を利用した WiFi な Internet接続に対応している
 - NTPにアクセスして時刻を同期可能
 - ファイルのダウンロードなども出来るらしい
 - 残念ながら日本の技適は通っていない
 - OCM-PLD 1st/2nd両方とも対応している
 - 1chipMSXの場合はUSB端子にESP32ドングルを取り付けることで対応
 - MSX0のInternet対応とは異なる

MSXを作る

安価なFPGAの登場

- SiPeed TangNano9K/TangNano20K
- SiPeed TangPrimer20K/TangMega60K



OCM-PLDは参考に留めるのみ

- CPU/VDPは作ると大変なのでOCM-PLDをベースにする
 - ただし VHDL なので、Verilog に書き直す。
 - 初めてHDLに触れる人に2つの言語を強要したくない。
 - 分かりやすい構造に書き直したい。
- 優れたIPの存在
 - SCCやOPLL等はICを解析してVerilog化している方がいますので、その成果物を使わせていただくのが効率的。
- PPI等の小さな回路は新規設計
 - 部品単位にセパレートして、個別の解説資料も作成する。

New CPU

- Z80互換の高速動作CPUを新規設計(R80)
 - Z80-3.579545MHz互換速度モード
 - 高速動作モード
- R80をベースにR800互換コア設計(R900)
 - Spacemoai氏のMo80命令セット
 - R800互換かつ、多数の新設命令搭載
- 32bit版 R1800, 64bit版 R3600
- R80 → R900 → R1800 → R3600 の順に設計する

New VDP

- OCM-PLDのV9958コアをベースに Verilog化
- 機能を削ったTMS9918互換のV9918コア(実装完了)
 - GOWIN EDA がクラッシュする問題に当たってしまったため仕方なく
- V9958にいくつかの追加機能を搭載した V9958+(後述)

様々な課題

DRAM帯域問題

- 100MHz 動作の32bit幅DRAMは、全く無駄なく動作しても3200Mbit/sec の転送速度しか出ない
- 実際はアクセス用のコマンド発行時間などもあり60～70%の効率で動作するとすれば1920Mbit/sec = 240MB/sec 程度
- 240MB/sec のDRAM帯域を CPU とVDPで1:1で共有するとそれぞれ120MB/secしか使えないことになる

物理的に複数のDRAMを搭載すると・・・

- DRAMにはアドレス信号・コマンド信号・データ信号とかなりの本数の信号線がある。ざっくり50本だとすると、独立して動作するDRAMを2つ繋げるだけで100本ものFPGA I/Oピンを消費してしまう。

クロックを上げてしまうと・・・

- 高周波回路になって基板の設計が難しくなる
- クロックを上げてても CAS LATENCY の時間は短くならない

キャッシュメモリ

- DRAMはバーストアクセス（連続アドレスをまとめて読み書き）が得意
- キャッシュライン単位でまとめて読み書きして無駄な待ちを減らす
- 旧MSXの動作はクロック単位で動作するので相性が悪い
- 自己書換やバンク切り替え、散らばったMemoryMappedI/Oと相性が悪い
- 新しい部分は、状況によって速度が変わることを許容して速度アップを狙うのが良さそう

New MSX

MSX1+ spec案

- R80-??MHz
- V9918
- VRAM 16KB
- MapperRAM 4MB
- MegaROM Emulator
- SDカードスロット + Nextor
- 漢字ROM
- OPLL, PSG, DCSG
- IoT-BASIC (ESP32)

MSX2++ spec案

- R80-??MHz
- V9958+
- VRAM 8MB
- MapperRAM 4MB
- MegaROM Emulator
- SDカードスロット + Nextor
- 漢字ROM
- OPLL, PSG, DCSG
- IoT-BASIC (ESP32)

MSXturboR+ spec案

- R80-??MHz
- R900-??MHz
- V9958+
- VRAM 8MB
- MapperRAM 4MB
- MegaROM Emulator
- SDカードスロット + Nextor
- 漢字ROM
- OPLL, PSG, DCSG
- IoT-BASIC (ESP32)

V9958+ の + って何？

- V9958 の不満を解消する追加機能を入れる

- スプライトの強化
- VDPコマンドの強化と高速化
- カラーパレットの強化
- 灰色問題の解消
- 強力なテキストモード・PCGモードの追加

等

※詳細な仕様を纏めたら、X上で皆さんの意見を募らせていただきます

私のキャパは有限なので、できそうな範囲で仕様を調整してから設計開始します

※MSX3 に搭載するらしいV9990との互換性は考慮に入れる

MSXturboR++?? MSX3??

- R900/R1800/R3600
 - Spacemoai氏 (<http://www.tni.nl/>) の Mo80がベース
 - Z80互換の 32bit/64bit プロセッサはどうあるべきか？
 - FPU搭載？
 - 広大なメモリ空間？

新設命令チラ見せ

Z80 code

```
LD     E,[HL]
INC    HL
LD     D,[HL]
INC    HL
PUSH  HL
EX     DE,HL
LD     E,[HL]
INC    HL
LD     D,[HL]
DEC    HL
EX     DE,HL
```

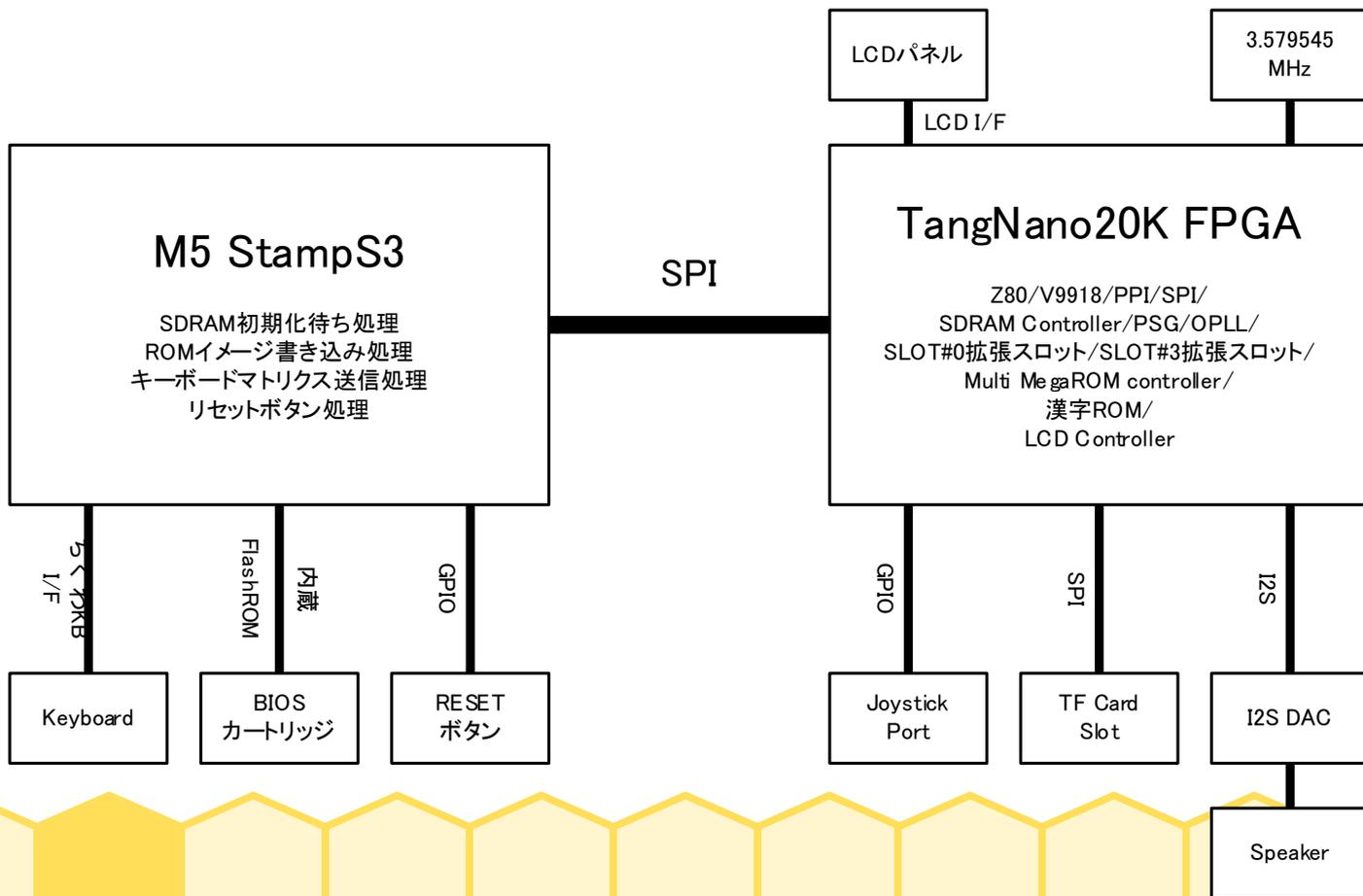


R1800 code

```
LD     DE,[HL++]
PUSH  HL
LD     HL,[DE]
```

- よく使う命令をよりシンプルに
- レジスタ幅が拡張されても同じ記述に
- Z80ニーマニックに慣れた人にとって親しみやすく
- Z80を16bit化したR800に対し、16bit over を前提に命令セットを整備したMo80
- Mo80 は R1800が基本、R900は Mo80サブセット

デモバージョンの構成

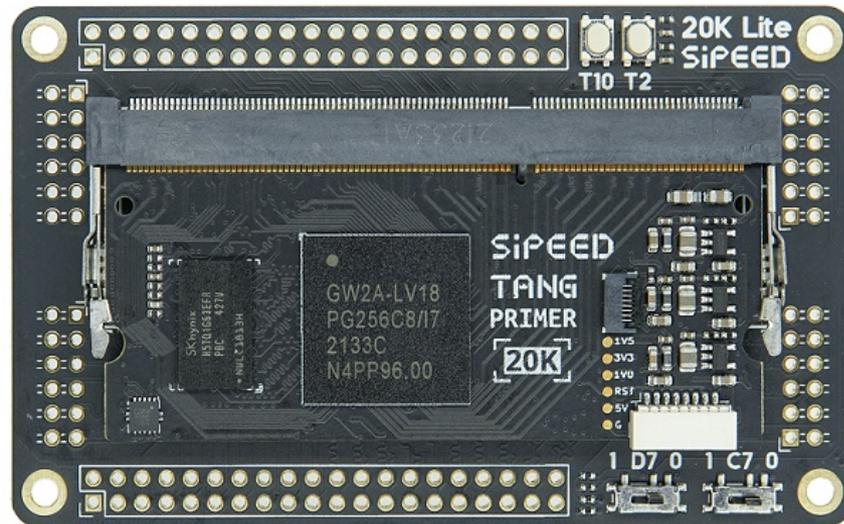


Z80相当 3.579545MHz
MapperRAM 4MB
JIS1/JIS2 漢字ROM
PSG
MSX-MUSIC
V9918



次のステップ

- TangPrimer20K 複数使用によるスケーラブルなシステム
 - 1個なら MSX1+ (Base)
 - 2個なら MSX2++ (V9958+)
 - 3個なら MSXturboR+ (R900)



最後に

- 夢は広がりますが、**まずはMSX2++の実現をしっかりと着実に**
- **決めた完成イメージは動かさず、**まず早期に完成させる
- それをベースにMSXturboR+を実現する
- その先は、それらが落ち着いてからじっくり考えて進める

※まだ検討中の内容のため、仕様等は都合により変更になる場合があります

ご静聴ありがとうございました。