

○三角波のみの音楽シーケンサの仕様書

1. 仕様書の作成目的

本書では音楽シーケンサを作成するに至り、三角波のみの音楽シーケンサが使用するモジュールの仕様について記載する。

2. 音楽シーケンサのブロック図

以下の図 1 に音楽シーケンサの全体のブロック図を示す。

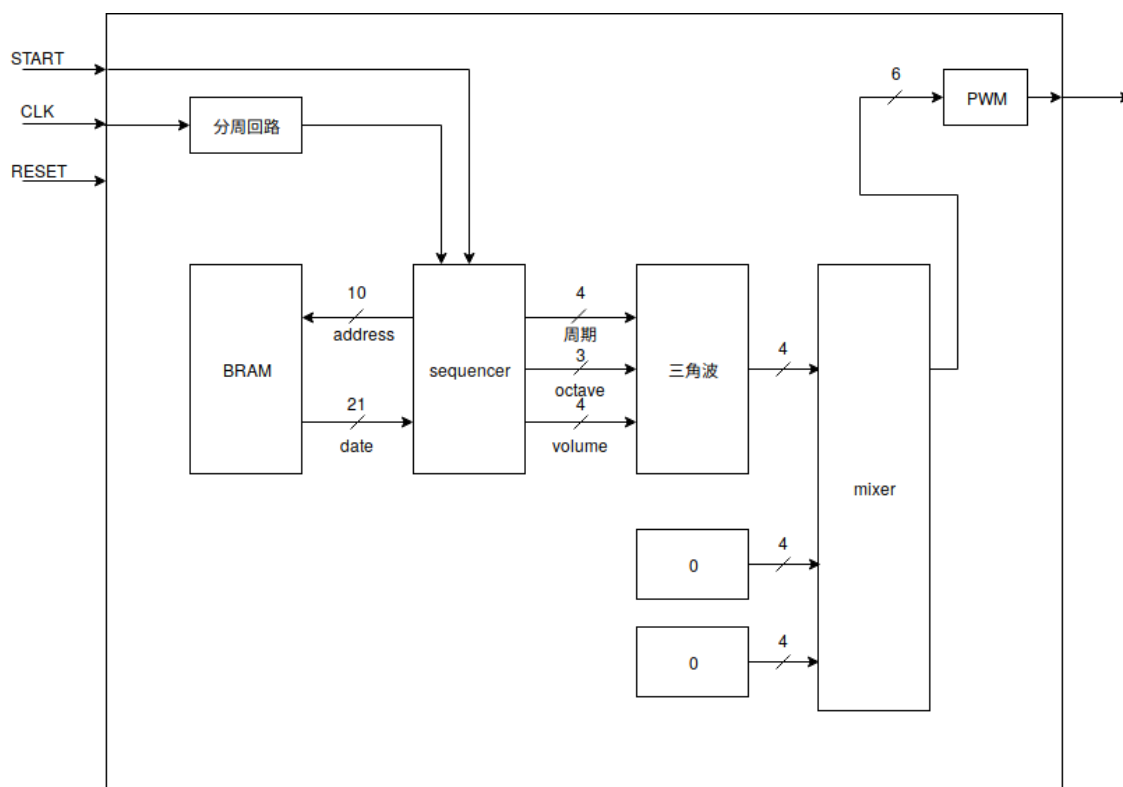


図 1 音楽シーケンサのブロック図

上記の図について説明する。

- ・ **sequencer**・・・三角波生成モジュールと **BRAM** の制御を行う。
- ・ **分周回路**・・・三角波生成モジュールの制御に必要な「音のなる時間」を表現するために **1ms** のクロック周波数を生成する。
- ・ **BRAM**・・・演奏する楽譜が書き込まれている。（ここでは音階）
- ・ **address**・・・**BRAM** のアドレスを指定する値である。
- ・ **data**・・・**address** によって指定されたアドレスに格納されていた **21bit** の値である。値の詳細は以下の図の通りである。

20	17	13	9	0
octave	周期(音階)	volume	time	

・周期・・・4bit の値であり、音の周期 A3～G#4 をそれぞれ 0～11 という値を割り振り三角波の生成モジュール中で実際の周期に割り当てる。また、音の周期の分解能を設けるため三角波生成モジュールの中に 5ns の基本クロックを 1μs に大きくする分周回路を作る。

sound_per は

period	音	音の周期	sound_per (単位 : μs)
0	A3	0.004545	4545
1	A#3	0.004290	4290
2	B3	0.004049	4049
3	C4 (ド)	0.003822	3822
4	C#4	0.003607	3607
5	D4	0.003405	3405
6	D#4	0.003214	3214
7	E4	0.003033	3033
8	F	0.002863	2863
9	F#4	0.002702	2702
10	G4	0.002551	2551
11	G#4	0.002407	2407

・(ZYBO-7z の場合、1 クロックが 8ns なので) 1μs・・・125 クロック
1ms・・・125000 クロック

・octave・・・3bit の値であり、A3～A7、つまり A3 から 5 オクターブ先までの音を表現するために設定する値である。

・volume・・・4bit の値であり、音量の設定をする値である。

3. 各モジュールの入出力と機能

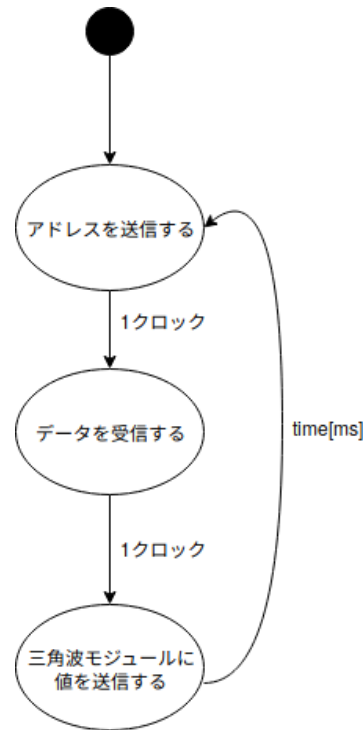
以下の表 1 に入出力と機能を示す。

表 1 各モジュールの入出力と機能について

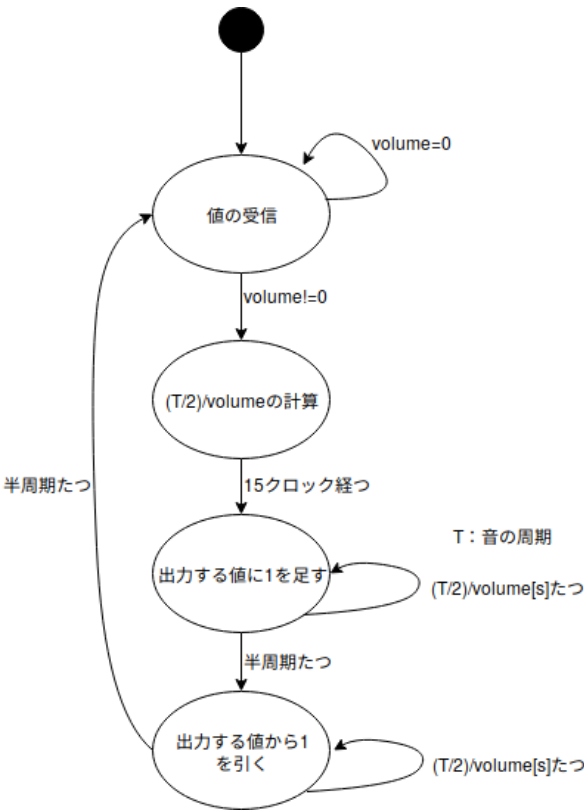
モジュール名	入力	出力	機能
分周回路	CLK(1bit,5ns,200MHz)	MS(1bit,1ms,1kHz)	基本クロック周波数を小さくする
sequencer	START MS(1bit,1ms,1kHz)	address(10bit) period (4bit) volume(4bit) octave(3bit)	BRAM にアクセスし、データを読み出した後、三角波生成モジュールへ周期、volume、octave を出力する。
三角波	period(4bit) volume(4bit) time(10bit)	choppy(4bit)	三角波を生成する
mixer	choppy(4bit) 0(4bit) 0(4bit)	add_sea(6bit)	三角波と二つのパルス波を足し合わせる(今は三角波のみ)
PWM	add_sea(6bit)	analog_sea	デジタル信号をアナログ信号へ変換する

以下に機能仕様を状態遷移図で示す。

● sequencer



● 三角波モジュール



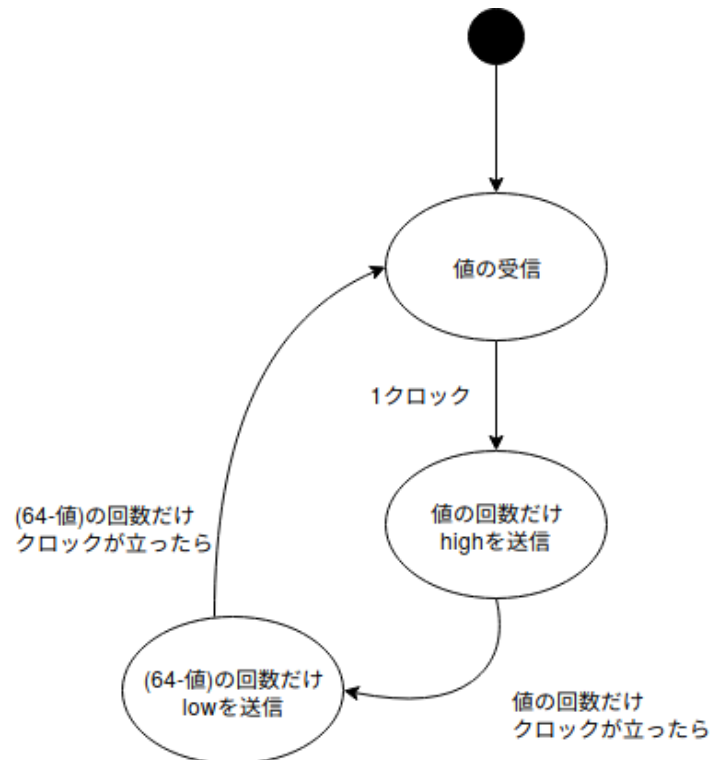
- ・上図の $T/2/volume$ の値を求めるために除算器を用いる。

除算器の被除数(dividend)と除数(divisor)はそれぞれ 13bit,4bit で設定している。

被除数は最大の値が 4545[μs]のため 13bit と定めた。因みに $(T/2)/volume$ を計算するのに 15 クロックかかる。

- ・半周期・・・音の周波数の半周期である。1 μs を分解能としているので、三角波モジュール内の分周回路を用いて数える。(実装する際には出力される値に位置を足すステートから次のステートへの遷移条件を、出力される値が **volume** と同じ値になるこことする。また出力される値から 1 を引くステートから次のステートへの遷移条件を出力される値が 0 になったとき遷移する。)

- PWM



4. 検証仕様

音階のなる三角波のみの音楽シーケンサを作成するにあたり、各モジュールの動作が狙い通りであるかを検証するための仕様である。

以下の表に検証仕様について示す。

- sequencer と BRAM の検証仕様

CLK	入力			出力期待値				
	MS	START	RESET	address	period	volume	octave	
1	0	0	0	0	0	0	0	
2	0	0	1	0	0	0	0	
3		0	0		0	0	15	1
5		1						
125,000	1	X		1		2		
125,001								
125,002								
125,003								
250,000	1		2	4				
250,001								
250,002								
250,003								
375,000	1		3	5				
375,001								
375,002								
375,003								
500,000	1		4	7				
500,000								
500,002								
500,003								
625,000	1		5	9				
625,001								
625,002								
625,003								
750,000	1		6	11				
750,001								
750,002								
750,003								
875,000	1							

● 三角波モジュールの検証仕様

・ choppy とは出力される三角波のことである。

・per=9,oct=1 なので音の周期は2702の半分の1350[μs]である。また、半周期は675[μs]である。

CLK	入力			出力
	period	volume	octave	choppy
0	0	0	0	0
1	0	0	0	0
2	9	15	1	0
17				0
168				1
185				2
202				3
219				4
236				5
253				6
270				7
287				8
304				9
321				10
338				11
355				12
372				13
389				14
406				15
423				14
440				13
457				12
474				11
491				10
508				9
525				8
542				7
559				6
576				5

593				4
610				3
627				2
644				1
661				0

● PWM の検証仕様

- analog_sea はアナログ信号である。

CLK	入力	出力
	add_sea	analog_sea
1	0	0
2	8	0
3		high
4		high
5		high
6		high
7		high
8		high
9		high
10		high
11		low
66		low