

1. 簡単な DA コンバータによる擬似正弦波の生成

簡単なハードウェアで構成される図 1 の DA コンバータは、正弦波を擬似的に生成するために用いられます。

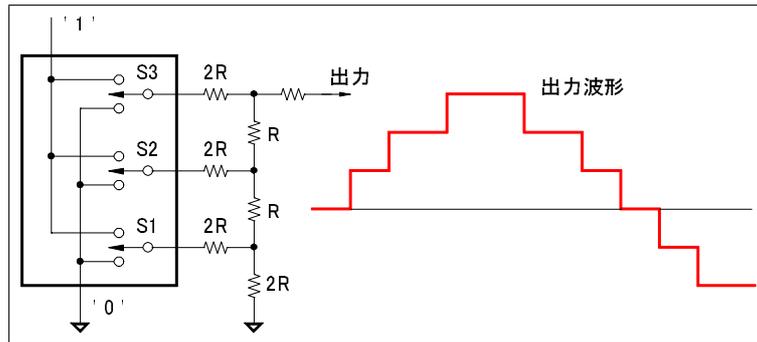


図 1: 簡単なハードウェア構成の DA コンバータ

スイッチ S_0 などを PIC で置き換えるとプログラムで任意の周波数を発生できますが、一般に量子化ステップが数段階以下となりますので量子化解像度が低く、専ら単純な波形または固定周波数の信号発生用に限られます。

この擬似正弦波発生回路は、解像度の低く固定された量子化にステップに対して比較的解像度の高い標本化ステップを用いて、所用の波形を生成します。そこで、適正な標本化位置 (PIC プログラミングにおけるスイッチング時) を求める必要があります。

2. 正弦波との簡単な近似

本稿では、発生する擬似正弦波を RZ(return zero) 信号としますが、無信号時出力がゼロでなくても良い場合には、NRZ(non return zero) 信号として 1 ステップ増やすこともできます。

十分な量子化ステップがある場合には、必要な出力レベル E_n に対応するスイッチング位置 P_n は、単純に次式で求めることができます。

$$P_n = \sin^{-1} E_n \quad [rad]$$

しかし本題のような量子化ステップが少ない場合には、基準正弦波との対応位置を適正にしなければなりません。ただし、何をもちて適正と見るかは議論があるところです。基準正弦波と擬似正弦波との波形の誤差を少なくするか、実際の出力信号中の高調波成分を少なくするか、評価の仕方が定まりません。筆者は、量子化ステップを 1/2 補間するという簡単な方法で量子化誤差を 1/4 にできる特性を利用して、簡単な近似方法を考えました。

図 2 は、その方法を 7 段階の量子化に適用した場合を示します。図では $0 \sim \pi/2$ の 1/4 サイクルを描いていますが、同じ要領で 1 サイクルを作ります。

この方法では、計算上だけで量子化ステップを 1/2 補間してスイッチング位置を見つめます。つまり、次の計算式からスイッチング位置 P_n が定まります。

$$P_n = \sin^{-1} (2 \times n - 1)/6 \quad [rad]$$

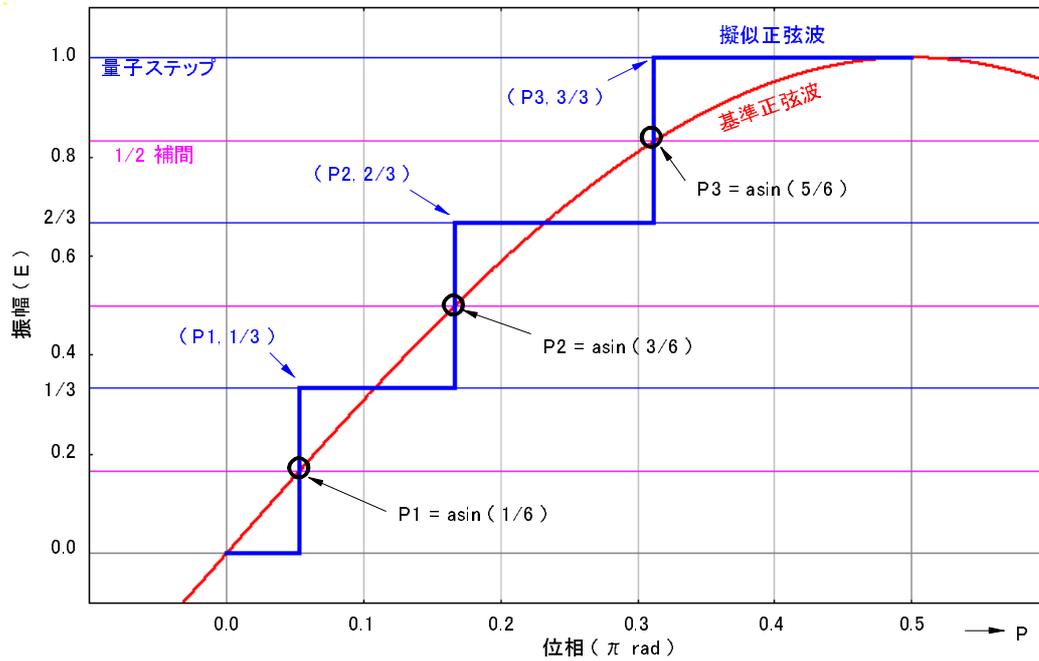


図 2: 7 ステップの場合の標準正弦波から擬似正弦波への誘導

詳細な計算値は、表 2 です。

3. プログラムへの適用

前項で求めた P_n は位相 ($0 \sim \pi/2$) でしたから、これを次式でスイッチング間隔 T_n に換算します。

$$T_n = P_n - P_{n-1} \quad \text{ただし } P_0 = 0$$

その計算値は、表 2 に示します。

これを適用した 7 ステップの擬似正弦波を図 3 のようになります。

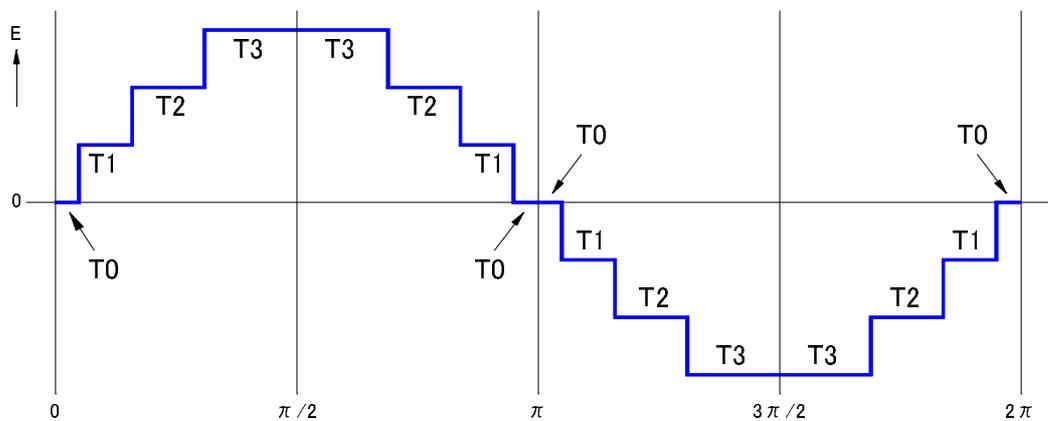


図 3: 生成された 7 ステップ波形

(P の単位は radian)

制御ビット数	量子化ステップ数	P_1	P_2	P_3	P_4	P_5
2	3	0.52360				
3	7	0.16745	0.52360	0.98511		
4	15	0.07149	0.21596	0.36521	0.52360	0.69822
5	31	0.03334	0.10017	0.16745	0.23550	0.30469
制御ビット数	量子化ステップ数	P_6	P_7	P_8	P_9	P_{10}
4	15	0.90385	1.19055			
5	31	0.37542	0.44819	0.52360	0.60245	0.68585
制御ビット数	量子化ステップ数	P_{11}	P_{12}	P_{13}	P_{14}	P_{15}
5	31	0.77540	0.87363	0.98511	1.11977	1.31187

表 1: ステップ数別のスイッチング位置 P

(T の単位は radian)

制御ビット数	量子化ステップ数	T_0	T_1	T_2	T_3	T_4	T_5
2	3	0.52360	0.52360				
3	7	0.16745	0.35615	0.46151	0.58569		
4	15	0.07149	0.14447	0.14925	0.15839	0.17462	0.20563
5	31	0.03334	0.06683	0.06728	0.06806	0.06919	0.07073
制御ビット数	量子化ステップ数	T_6	T_7	T_8	T_9	T_{10}	T_{11}
4	15	0.28670	0.38025				
5	31	0.07276	0.07541	0.07886	0.08340	0.08954	0.09824
制御ビット数	量子化ステップ数	T_{12}	T_{13}	T_{14}	T_{15}		
5	31	0.11148	0.13466	0.19211	0.25892		

表 2: ステップ数別のスイッチング間隔 T

PIC の内部クロック $4MHz$ によって $1,000Hz$ の擬似正弦波を発生させる場合には、1 周期 $1,000\mu s$ と擬似正弦波の 1 周期 2π radian を対応させれば良いのです。 以上