

# Frequencies and Waveforms: by Gary Fox of Create-and-Make.com

The key terms for this: Fourier Series & Fourier Transform

Waveform is the shape of the wave or wave shape.

Any repeating wave can be represented by the sum of a sinusoid with a base frequency and a series of sinusoids with a frequencies that are whole number multiples of the base frequency.

The whole number multiples of the base frequency are called harmonics.

The base frequency is called the fundamental frequency.

This document is associated with the audio file on create-and-make.com. One really does not make sense without the other,

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X			
1		Harmonic	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21				
2		Amplitude	1	0.5	0.33	0.25	0.2	0.17	0.14	0.13	0.11	0.1	0.09	0.08	0.06	0.05	0.07	0.06	0.06	0.06	0.05	0.05	0.05	TOTAL			
3			Values																								
4		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
5		0.5	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.18			
6		1	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.36			
7		1.5	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.54			
8		2	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.71			
9		2.5	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.87			
10		3	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	1.02			
11		3.5	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	1.16			
12		4	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	1.29			
13		4.5	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	1.4			
14		5	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	1.5		
15		5.5	0.1	0.1	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.08	0.08	0.08	0.08	0.07	0.07	0.07	0.07	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	1.59		
16		6	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.09	0.09	0.09	0.08	0.08	0.07	0.07	0.07	0.07	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	1.65		
17		6.5	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.1	0.1	0.09	0.09	0.09	0.08	0.08	0.07	0.07	0.07	0.06	0.06	0.06	0.06	1.71		
18		7	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.11	0.11	0.11	0.11	0.1	0.1	0.09	0.09	0.08	0.08	0.07	0.07	0.06	0.06	0.06	1.74		
19		7.5	0.13	0.13	0.13	0.13	0.12	0.12	0.12	0.11	0.11	0.11	0.11	0.1	0.1	0.09	0.08	0.08	0.07	0.07	0.06	0.06	0.06	0.06	1.77		
20		8	0.14	0.14	0.14	0.13	0.13	0.12	0.12	0.12	0.11	0.11	0.11	0.1	0.09	0.08	0.07	0.07	0.07	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	1.78		
21		8.5	0.15	0.15	0.14	0.14	0.14	0.13	0.12	0.12	0.12	0.11	0.11	0.1	0.09	0.08	0.07	0.06	0.06	0.05	0.04	0.03	0.03	0.02	0.01	0	
22		9	0.16	0.15	0.15	0.15	0.14	0.13	0.13	0.12	0.12	0.11	0.11	0.1	0.09	0.08	0.07	0.06	0.05	0.04	0.03	0.02	0.01	0	-0.01	1.77	
23		9.5	0.17	0.16	0.16	0.15	0.15	0.14	0.13	0.12	0.12	0.11	0.11	0.1	0.09	0.08	0.06	0.05	0.04	0.03	0.02	0.01	0	0	-0.01	-0.02	1.74
24		10	0.17	0.17	0.17	0.16	0.15	0.14	0.13	0.12	0.12	0.11	0.11	0.1	0.09	0.07	0.06	0.06	0.03	0.02	0.01	0	-0.01	-0.02	-0.02	1.71	
25		10.5	0.18	0.18	0.17	0.17	0.16	0.15	0.14	0.12	0.12	0.11	0.11	0.1	0.08	0.07	0.05	0.04	0.03	0.02	0.01	0	-0.01	-0.02	-0.03	1.68	
26		11	0.19	0.19	0.18	0.17	0.16	0.15	0.14	0.12	0.12	0.11	0.11	0.09	0.08	0.06	0.05	0.03	0.02	0	-0.01	-0.02	-0.03	-0.03	-0.04	1.64	
27		11.5	0.2	0.2	0.19	0.18	0.17	0.16	0.14	0.12	0.12	0.11	0.11	0.09	0.07	0.06	0.04	0.02	0.01	0	-0.02	-0.03	-0.03	-0.04	-0.04	1.59	
28		12	0.21	0.2	0.2	0.19	0.17	0.16	0.14	0.12	0.12	0.11	0.11	0.09	0.07	0.05	0.03	0.01	0	-0.01	-0.02	-0.03	-0.04	-0.04	-0.05	1.55	
29		12.5	0.22	0.21	0.2	0.19	0.18	0.16	0.14	0.12	0.11	0.11	0.1	0.08	0.06	0.04	0.02	0.01	-0.01	-0.02	-0.03	-0.04	-0.04	-0.05	-0.05	1.5	
30		13	0.22	0.22	0.21	0.2	0.18	0.16	0.14	0.12	0.11	0.11	0.1	0.08	0.05	0.03	0.01	0	-0.02	-0.03	-0.04	-0.04	-0.05	-0.05	-0.05	1.46	
31		13.5	0.23	0.23	0.22	0.2	0.18	0.16	0.14	0.12	0.09	0.07	0.05	0.03	0.01	-0.01	-0.03	-0.04	-0.04	-0.05	-0.05	-0.05	-0.05	-0.05	-0.05	1.42	
32		14	0.24	0.23	0.22	0.21	0.19	0.17	0.14	0.12	0.09	0.06	0.04	0.02	0	-0.02	-0.03	-0.04	-0.05	-0.05	-0.05	-0.05	-0.05	-0.04	-0.04	1.38	
33		14.5	0.25	0.24	0.23	0.21	0.19	0.17	0.14	0.12	0.08	0.06	0.03	0.01	-0.01	-0.03	-0.04	-0.05	-0.05	-0.05	-0.05	-0.05	-0.05	-0.04	-0.04	1.35	
34		15	0.26	0.25	0.24	0.22	0.19	0.17	0.14	0.11	0.08	0.05	0.02	0	-0.02	-0.04	-0.05	-0.05	-0.06	-0.06	-0.06	-0.05	-0.04	-0.03	-0.03	1.32	
35		15.5	0.27	0.26	0.24	0.22	0.2	0.17	0.14	0.11	0.07	0.04	0.02	-0.01	-0.03	-0.04	-0.05	-0.06	-0.06	-0.06	-0.06	-0.05	-0.04	-0.03	-0.03	1.3	
36		16	0.28	0.26	0.25	0.22	0.2	0.17	0.13	0.11	0.07	0.03	0.01	-0.02	-0.04	-0.05	-0.06	-0.06	-0.06	-0.06	-0.06	-0.05	-0.04	-0.03	-0.02	1.28	
37		16.5	0.28	0.27	0.25	0.23	0.2	0.16	0.13	0.09	0.06	0.03	0	-0.03	-0.04	-0.06	-0.06	-0.06	-0.06	-0.06	-0.06	-0.06	-0.04	-0.03	-0.01	1.27	
38		17	0.29	0.28	0.26	0.23	0.2	0.16	0.12	0.09	0.05	0.02	-0.01	-0.03	-0.05	-0.06	-0.06	-0.06	-0.06	-0.06	-0.06	-0.04	-0.03	-0.02	0	1.27	
39		17.5	0.3	0.29	0.26	0.23	0.2	0.16	0.12	0.08	0.04	0.01	-0.02	-0.04	-0.06	-0.06	-0.07	-0.06	-0.05	-0.04	-0.02	-0.01	0.01	1.27			

Figure 1: The spreadsheet used for the calculations.

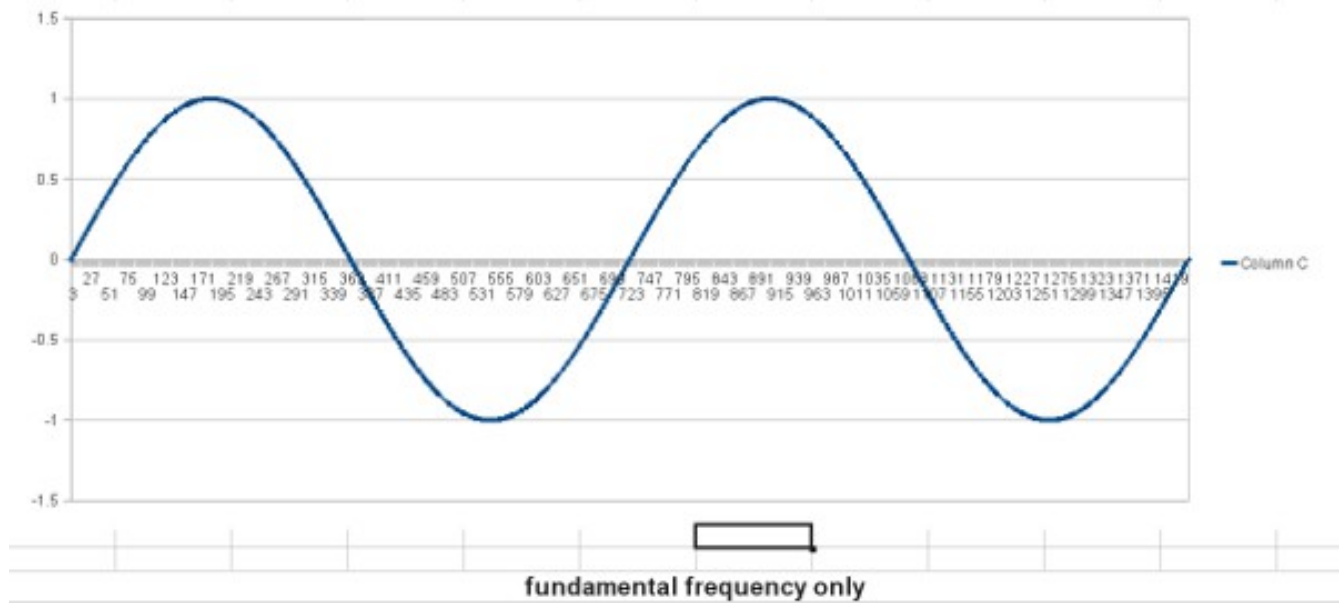


Figure 2: The Fundamental Frequency.

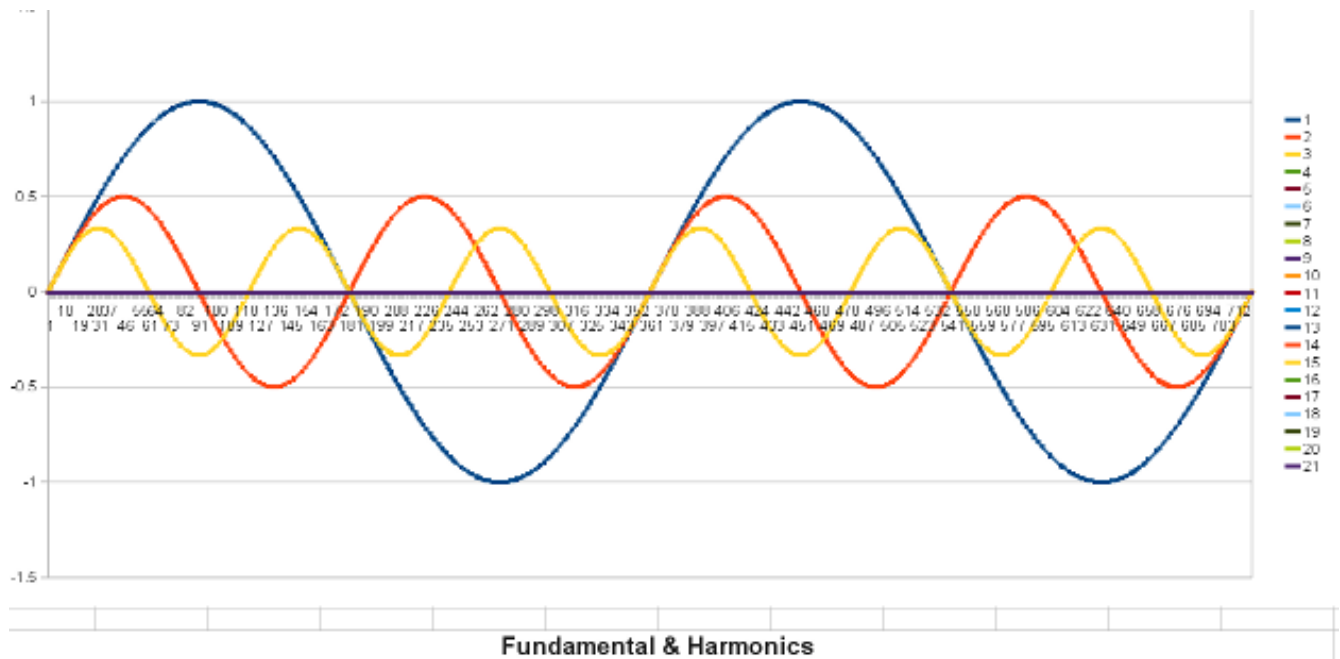


Figure 3: The fundamental frequency (Blue Line) the 2<sup>nd</sup> Harmonic (Red) and the 3<sup>rd</sup> harmonic (Yellow)

In this example the 2<sup>nd</sup> harmonic is  $\frac{1}{2}$  the amplitude of the fundamental, and the 3<sup>rd</sup> harmonic is  $\frac{1}{3}$  of the amplitude of the fundamental.

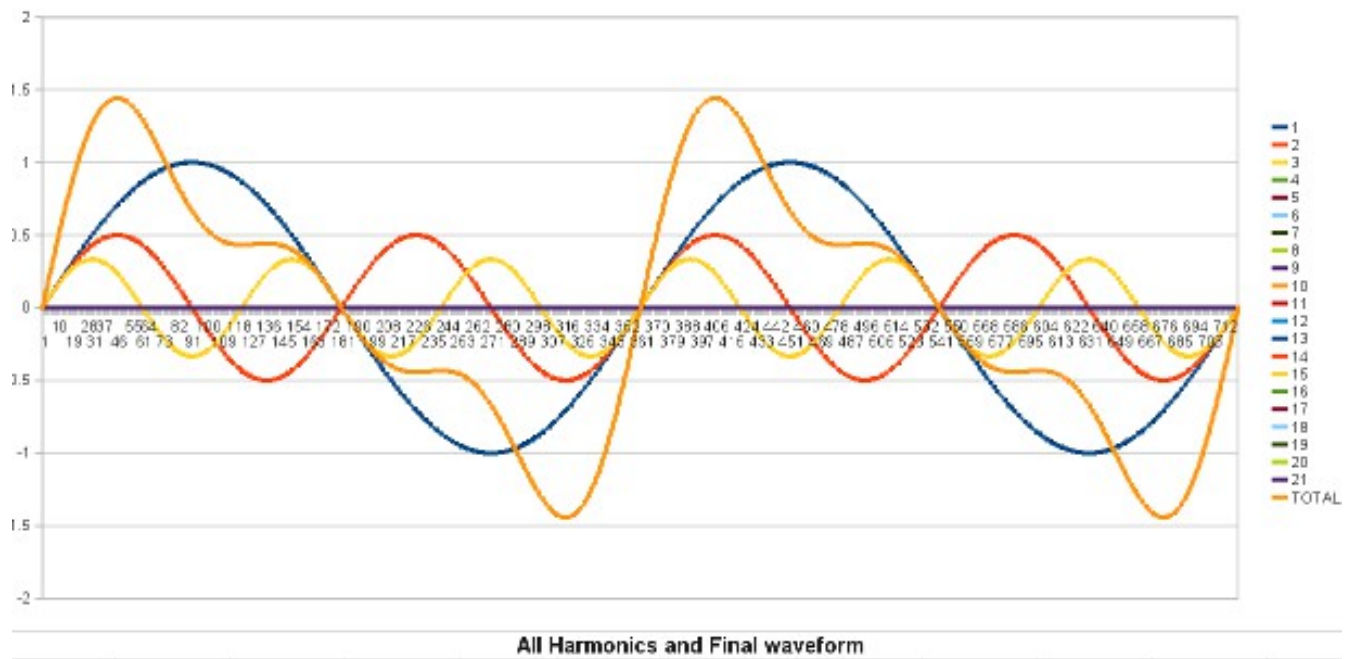


Figure 4: The same as figure 3 except the sum of the three frequencies is shown in the orange line.

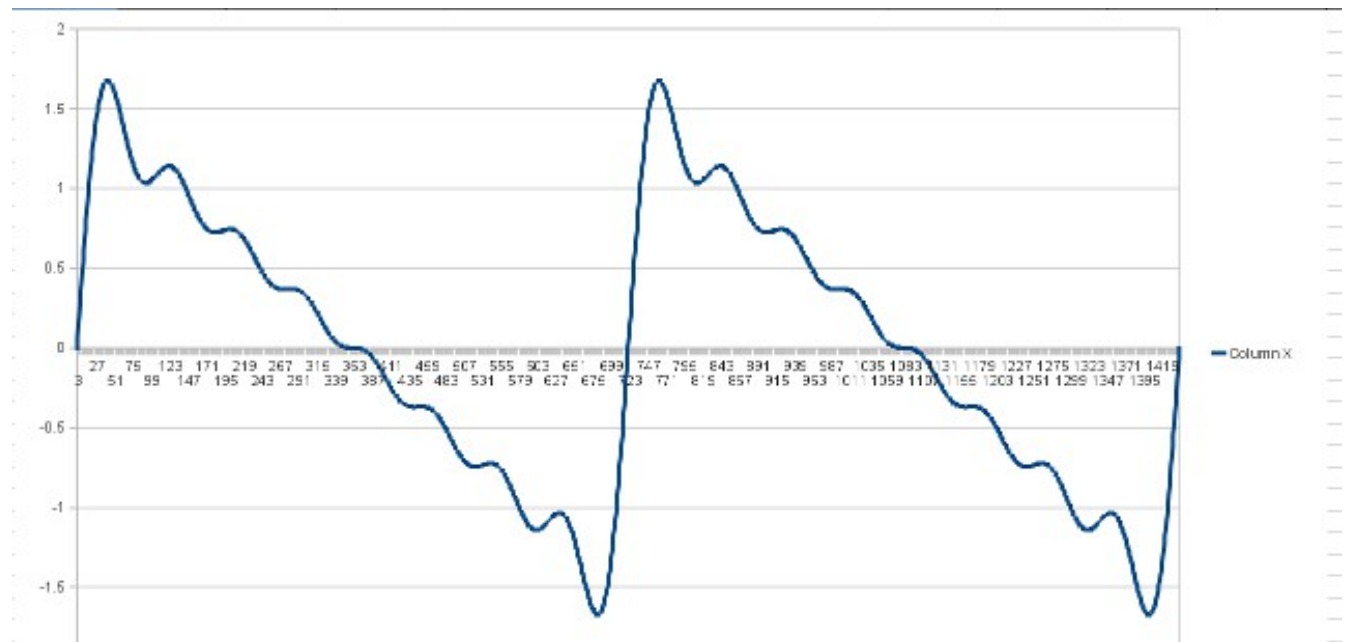


Figure 5: This is the same as figure 4 except only the total is shown and the 4<sup>th</sup>, 5<sup>th</sup>, 6<sup>th</sup>, 7<sup>th</sup>, and 8<sup>th</sup> harmonics are added in the waveforms. Note we are approaching a sawtooth waveform.

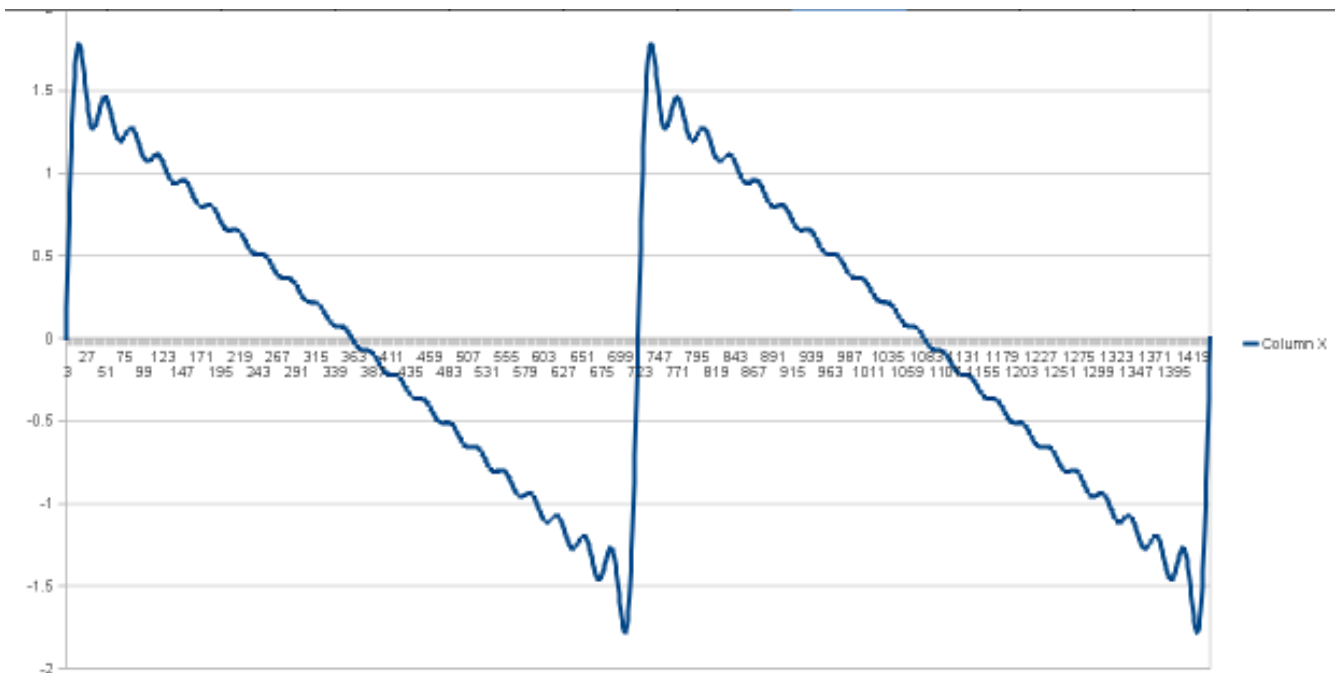


Figure 6: This is the same as figure 5 but with the addition of harmonics 9 through 21.

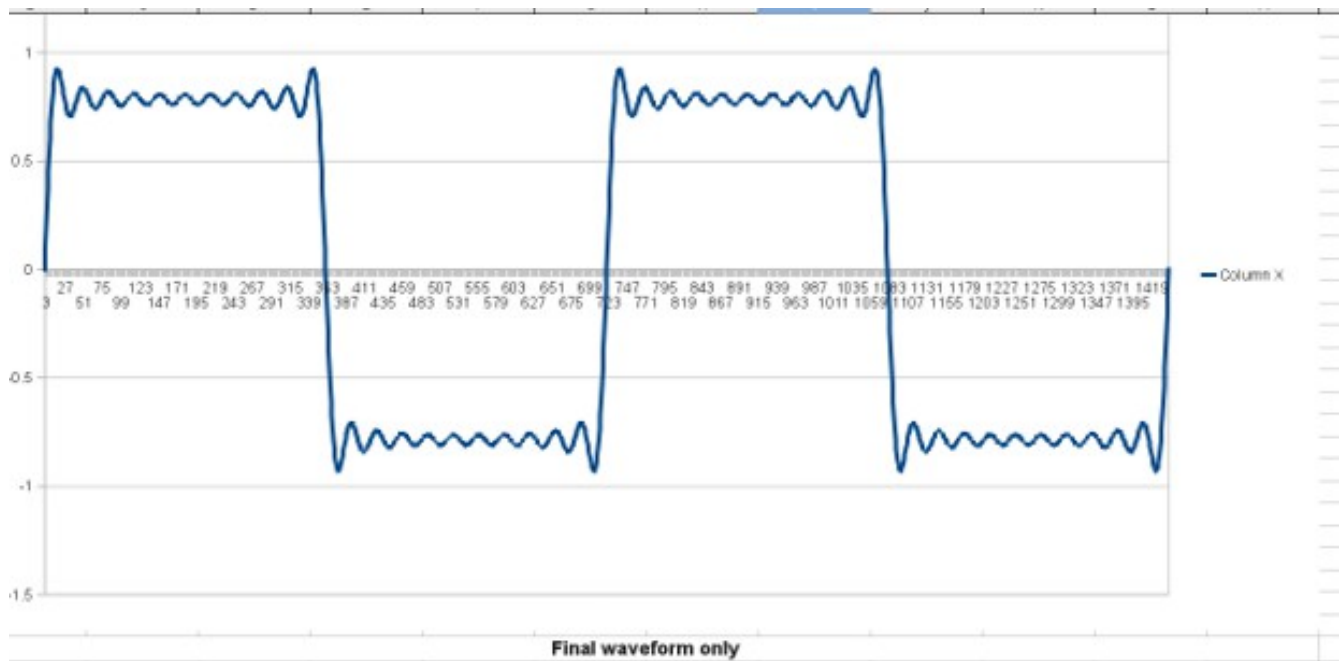


Figure 7: This is exactly the same as figure 6, except only the odd harmonics (3, 5, 7, etc.) are used and the even harmonics (2, 4, 6, 8, etc.) are turned off.

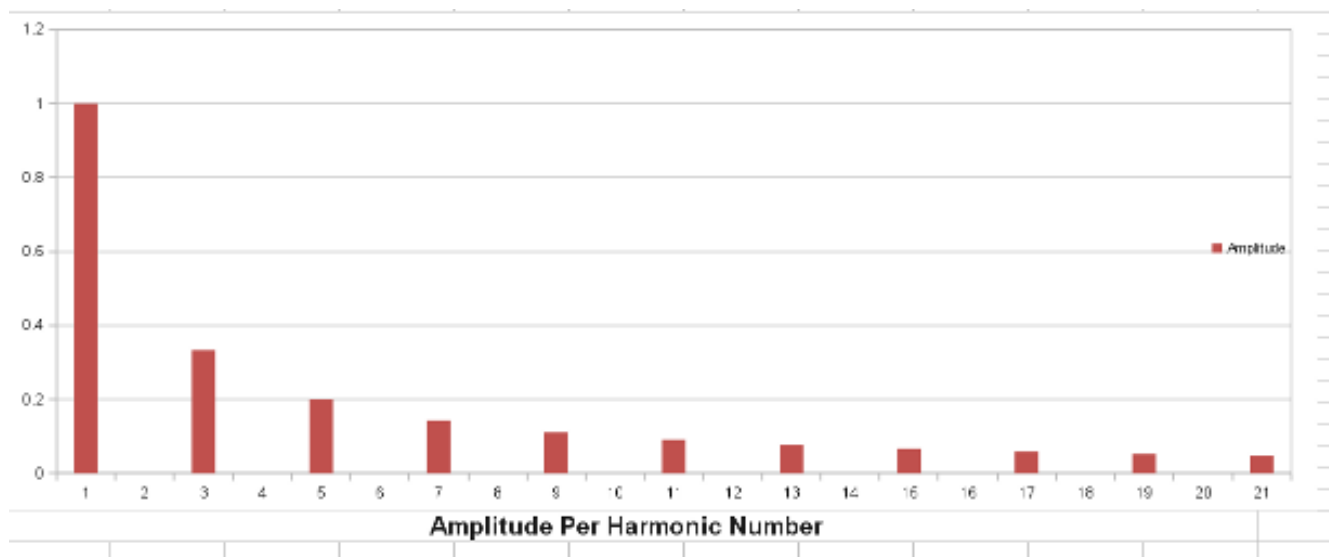


Figure 8: The frequency spectrum of the waveform in figure 7. (Square wave)

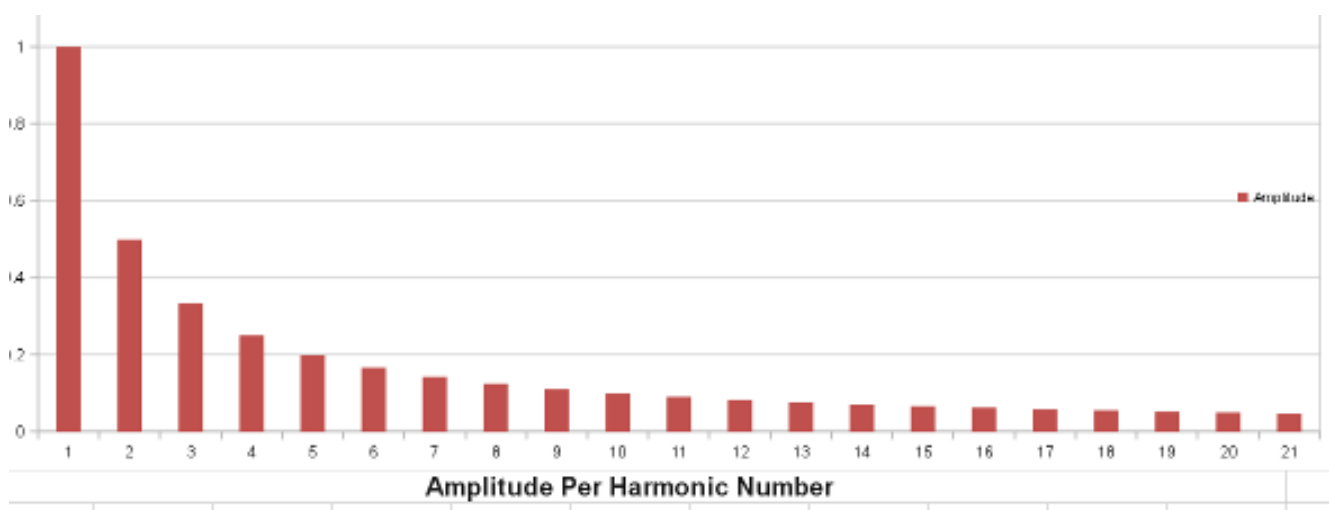


Figure 9: The frequency spectrum of the waveform in figure 6 (Sawtooth wave)