

任意波形発生器での 2 トーン信号相互変調歪みのデジタル補正

加藤 啓介 小林 春夫 *

Keisuke Kato Haruo Kobayashi

群馬大学大学院 工学系研究科 電気電子工学専攻 〒376-8515 群馬県桐生市天神町 1-5-1

Electronic Engineering Dept. Gunma University, Kiryu 376-8515 * E-mail: k_haruo@el.gunma-u.ac.jp

1. 研究目的・背景

通信用デバイスを評価・テストするための 2 トーン信号 w_1, w_2 を AWG (Arbitrary Waveform Generator 任意波形発生器) で生成する際に、DSP でのデジタル補正[1]により DAC、アンプの非線形性による 3 次相互変調歪み (IMD3) $2w_1 \cdot w_2, 2w_2 \cdot w_1$ をキャンセルするアルゴリズムを提案する。 w_1, w_2 が近い値の場合、3 次相互変調歪みはこれらに近接するためアナログフィルタでの除去は困難である(図 1, 2)。

2. 3 次相互変調歪みを除去するアルゴリズムの提案

DSP での信号発生で基本波 w_1, w_2 と 3 次相互変調歪みを打ち消す高調波 $3w_1, 3w_2$ の合成波を生成し DAC の入力として与える。

$$A\sin(w_1t) + B\sin(w_2t) + C\sin(3w_1t) + D\sin(3w_2t)$$

ここで 各係数を次のように設定する。

$$C=A/2, D=B/2.$$

DAC、アンプの 3 次非線形項の係数 β に依存しない (DAC、アンプの非線形性を同定する必要がない) のが提案手法の大きな利点である。このとき AWG 出力は次のようになる。

$$\begin{aligned} & \{\alpha A + (9/8)\beta\} A^3 \sin w_1 t + \{\alpha B + (9/8)\beta\} B^3 \sin w_2 t \\ & + \{(1/2)\alpha A + (43/32)\beta\} A^3 \sin 3w_1 t + \{(1/2)\alpha B + (43/32)\beta\} B^3 \sin 3w_2 t \\ & - (3/16)\beta (A^3 \sin 5w_1 t - B^3 \sin 5w_2 t) \\ & - (3/16)\beta (A^3 \sin 7w_1 t - B^3 \sin 7w_2 t) \\ & - (1/32)\beta (A^3 \sin 9w_1 t - B^3 \sin 9w_2 t) \\ & + (3/4)\beta [A^2 B \sin(2w_1 + w_2)t + AB^2 \sin(w_1 + 2w_2)t] \\ & - (3/4)\beta [A^2 B \{\sin(4w_1 + w_2)t - \sin(4w_1 - w_2)t\}] \\ & - (3/4)\beta [AB^2 \{\sin(w_1 + 4w_2)t + \sin(w_1 - 4w_2)t\}] \\ & - (3/8)\beta [A^2 B \{\sin(4w_1 + 3w_2)t - \sin(4w_1 - 3w_2)t\}] \\ & - (3/8)\beta [AB^2 \{\sin(3w_1 + 4w_2)t + \sin(3w_1 - 4w_2)t\}] \\ & - (3/16)\beta [A^2 B \{\sin(6w_1 + w_2)t - \sin(6w_1 - w_2)t\}] - (3/16)\beta [AB^2 \{\sin(w_1 + 6w_2)t + \sin(w_1 - 6w_2)t\}]. \end{aligned}$$

上記数式で IMD3 成分が除去できていることがわかる。また数値シミュレーションでも確認した(図 3)。

出力に高調波 $3w_1, 3w_2, \dots$ が発生するが、 w_1, w_2 から離れているのでアナログフィルタで除去しやすい。

DSP での合成信号に $5w_1, 5w_2$ 等の高調波も加算してさらに歪を打ち消すことも可能である。

謝辞：この研究をご支援いただいています半導体理工学研究センター (STARC) に謝意を表します。

参考文献：[1] A. Maeda, "A Method to Generate a Very Low Distortion, High Frequency Sine Waveform Using an AWG," in *Proc. IEEE International Test Conference*, pp. 1-8, (Oct. 2008).

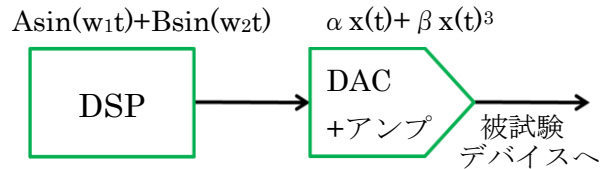


図 1. AGW システム (DAC, アンプに 3 次非線形性ある場合) による 2 トーン信号発生

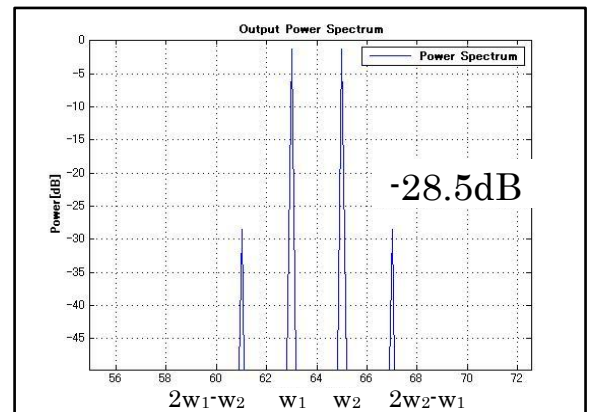


図 2. DAC, アンプの非線形性による 2 トーン信号と相互変調歪み(図 1 の場合の AWG 出力)

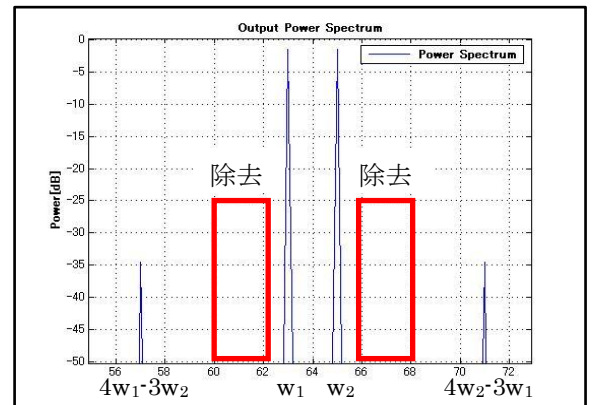


図 3. 提案手法を用いた場合の AWG 出力