

A21 アナログ/ミクストシグナルIC 試験用の低歪み信号生成技術

Low-Distortion Signal Generation Techniques for Analog/Mixed Signal IC Testing



柳田朋則, 町田恒介, 澁谷将平, 浅見幸司, 川端雅之, 小林春夫
 群馬大学 電子情報理工学科, 株式会社アドバンテスト
 email:t161d096@gunma-u.ac.jp



目的と背景

目的
 通信アプリケーション用
 ADCテストのための
 低歪正弦波発生技術

手法
 ・二値方形波を使った低歪み信号生成
 ・任意波形発生器を使った位相切替え方式

半導体製品の出荷前テスト

テスト → 出荷 / 不良品

製造コストが下がる中
テストコストの削減も求められる

テスト用信号の「歪み」が問題

周波数スペクトル (フーリエ解析)

歪み

簡易なテスト信号は品質が低い → 不良品を正しく判別できない

歪みの少ない信号を低コストで作りたい

二値方形波を使った低歪み信号生成手法

方形波は奇数倍の足し合わせ

方形波 → 周波数スペクトル (f, 3f, 5f, 7f)

提案手法 → フィルタの要求が楽に

アルゴリズム
 3つの方形波を τ シフトさせ、合成

Gain offset adjust

τ_1 の条件

τ_1, N の条件	取り得る値	二値波として使えるか
$\tau_1 < \frac{N}{4}$	1, 0	OK
$\tau_1 > \frac{N}{4}$	-1, 0, 1, 2	NG

二値波形 (😊) / 多値波形 (😞)

k次高調波を消す条件

Condition: $\tau_1 < \frac{N}{4}$ and $\tau_1 = \frac{N}{6k}, \frac{5N}{6k}$

N = 18, $\tau_1 = 1$ の場合 (3次消去)

Two value output vs Sample number

Frequency bin vs Power [dB]

2トーン信号の生成 (異なる周波数の混合信号)

周波数の異なる2つの方形波を交互にサンプリング

相互変調歪みが現われない

交互にサンプリングした信号

3次消去技術と組み合わせることで
 3次高調波と相互変調歪みの両方を消去できる

Amplitude [V] vs Sample

Power [dB] vs Frequency bin

任意波形発生器を使った位相切替え方式

任意波形発生器(AWG)
 とても高価であり、より高性能な機器に
 買い換えることなく高品質な信号を得たい
 → AWGのプログラムを変えるだけで実現

位相切替え信号
 位相をずらし、交互にサンプリング (N次歪みの消去)

$\phi = \phi_0 - \phi_1 = \frac{\pi}{N}$

DSP → D_{in} → DAC

$D_{in} = \begin{cases} X_0 = A \sin(2\pi f_{in} n T_s + \phi_0) & n: \text{even} \\ X_1 = A \sin(2\pi f_{in} n T_s + \phi_1) & n: \text{odd} \end{cases}$

従来信号 vs 位相切替え信号

Power [dB] vs Normalized Frequency f/fs

HD3 消去

高周波低歪み信号生成
 位相切替えによる高周波成分(スプリアス)を利用し
 低歪み信号を作る

$D_{in} = \begin{cases} X_0 = A \sin(2\pi f_{in} n T_s + \phi_1) & n: \text{even} \\ X_1 = A \sin(2\pi f_{in} n T_s - \phi_1) & n: \text{odd} \end{cases}$

$\phi = 2\phi_1 = \frac{2\pi}{N}$

Power [dB] vs Normalized Frequency f/fs

中間周波数低歪み信号生成

$D_{in} = \begin{cases} X_0 = A \sin(2\pi f_{in} n T_s + \phi_0) & n = 4k - 3, 4k - 2 \\ X_1 = A \sin(2\pi f_{in} n T_s - \phi_1) & n = 4k - 1, 4k \end{cases}$

$\phi_0 - \phi_1 = (2m - 1)\pi/N$

従来信号 vs 提案信号

Power [dB] vs Normalized Frequency f/fs

2トーン信号の生成

$D_{in} = \begin{cases} X_1 = A \sin(2\pi f_1 n T_s + \phi_1) + B \sin(2\pi f_2 n T_s - \phi_1) & n: \text{奇数} \\ X_2 = A \sin(2\pi f_1 n T_s - \phi_1) + B \sin(2\pi f_2 n T_s + \phi_1) & n: \text{偶数} \end{cases}$

$\phi_1 = \frac{\pi}{2N}$ (N次歪みの消去)

低周波従来信号 vs 提案信号

高周波従来信号 vs 提案信号

Power [dB] vs Normalized Frequency f/fs

結論

アナログ/ミクストシグナルテストのための
 低歪み信号生成手法を提案

- ・2値の信号パターンで高調波の消去
- ・位相切替え信号で高調波を消去

2トーン信号の相互変調歪みの消去