

高速1bit信号 記録・伝送フォーマットの提案

早稲田大学国際情報通信研究科
博士課程
服部 永雄

高速1bit信号処理

- 量子化ビット数を1bit (2値)とする代わりに
標本化周波数を高く取る
- 時間平均を取ることにより量子化ステップの
中間の値をとる
- 1bitアンプ (SHARP)・SACD (SONY) 等に応用
- 何らかの方法で量子化雑音を高域に集中させる
一例として $\Sigma \Delta$ 変調

山崎芳男, 伊藤毅: 広帯域音響信号の高忠実度PCM記録及び伝送 .
テレビジョン学会録画研資11 - 2号(1975.3)

高速1bit信号処理

- デジタル信号でありながら
アナログ信号のスペクトルをそのまま保存
→ 極めてアナログに近いデジタル信号
- 1bit=2値のみ → 相対誤差が存在し得ない
D/A,A/Dコンバータの精度
- 広帯域

場の記録と伝送

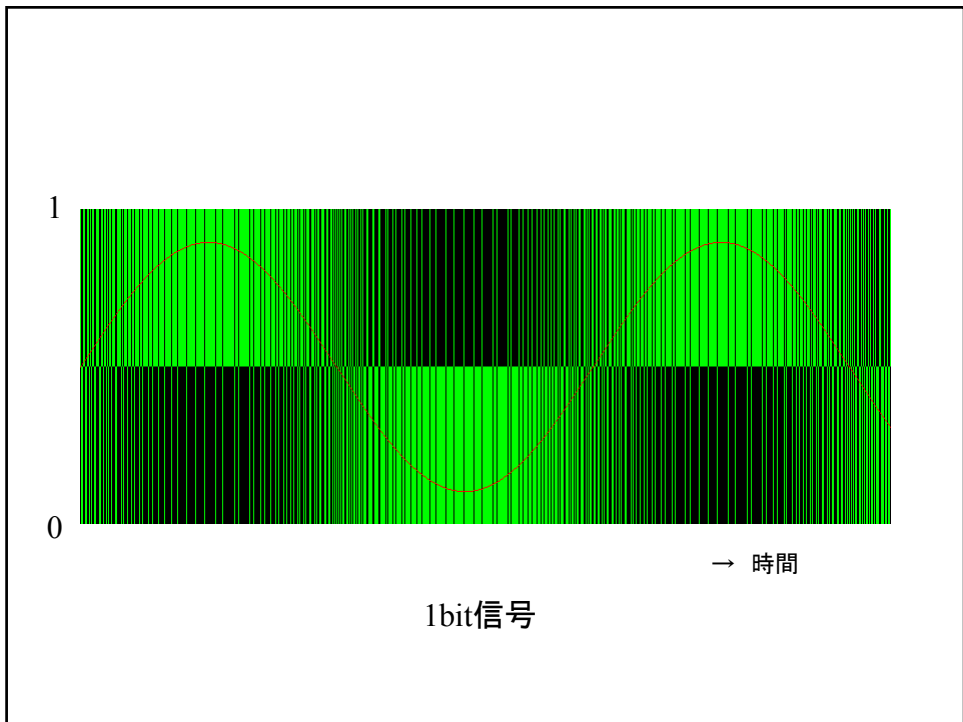
- 古来 場の記録と伝送に
絵 言葉 音楽 蓄音機 写真 映画 ...
- デジタル技術の発達で安価・安定
- 高能率符号化
→ 人間が検知できないとされるひずみを許容
– 検知できないとする根拠
- 事象を細大漏らさず記録

アナログ記録

- 音 : アナログ信号
- 高速1bit信号
 - アナログ信号のスペクトルをそのまま保存
- 標本化周波数を限りなく高くとる
 - アナログ？

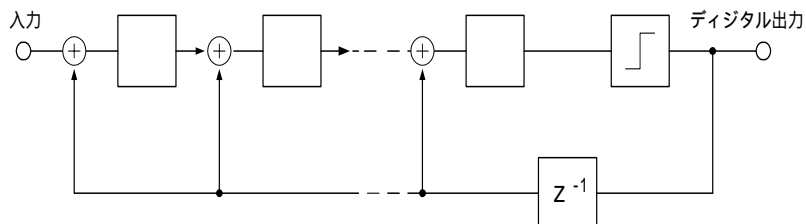
省電力化

- 高速1bit信号
 - アナログ信号のスペクトルをそのまま保存
 - ローパスフィルタのみでアナログ信号
- 1bit → スイッチング動作可能
- 高品質なスイッチング電力制御
 - 電気自動車(SOLEQ)
 - オーディオアンプ(SHARP)



$\Sigma \Delta$ 変調器

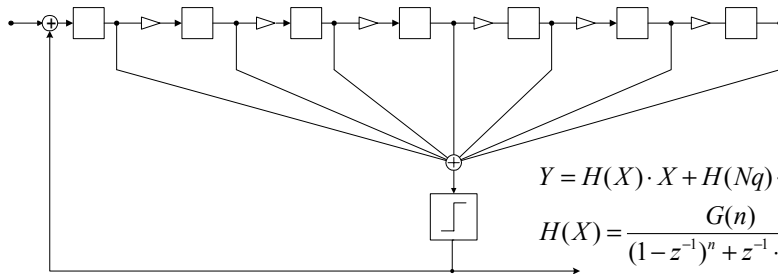
- 一般に量子化雑音の制御には $\Sigma \Delta$ 変調器が用いられる
- n次 $\Sigma \Delta$ 変調器 (3次以上は不安定)



$$Y = X + (1 - z^{-1})^n Nq$$

積分器従属接続型 $\Sigma \Delta$ 変調器

- 入力の伝達関数が周波数の関数になる

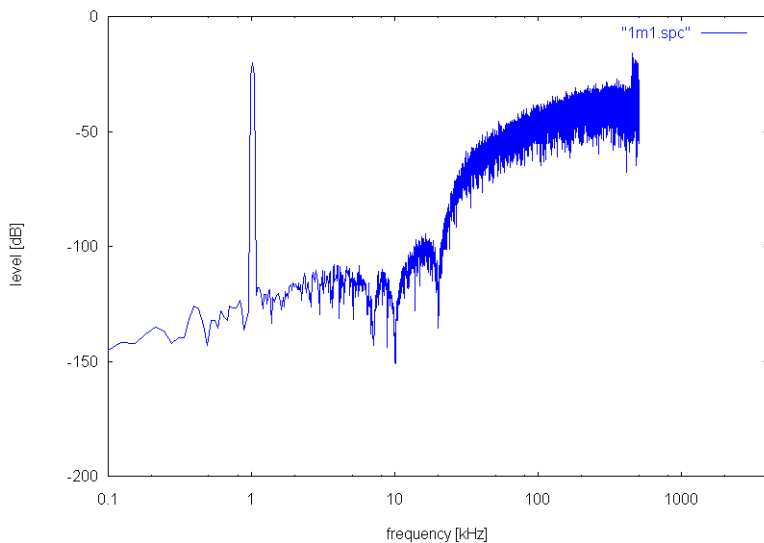


$$Y = H(X) \cdot X + H(Nq) \cdot Nq$$

$$H(X) = \frac{G(n)}{(1-z^{-1})^n + z^{-1} \cdot G(n)}$$

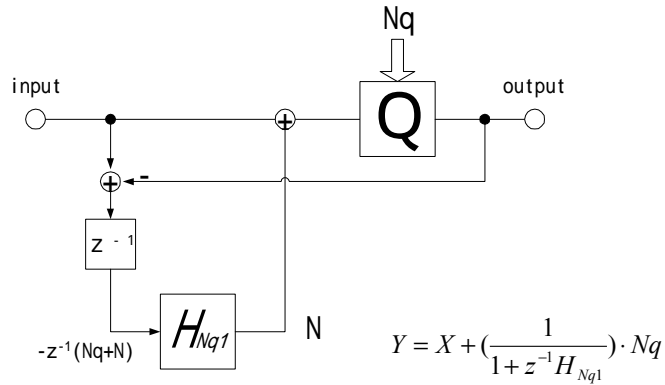
$$H(Nq) = \frac{(1-z^{-1})^n}{(1-z^{-1})^n + z^{-1} \cdot G(n)}$$

$$G(n) = \sum_{p=1}^n a_p \cdot (1-z^{-1})^{n-p}$$



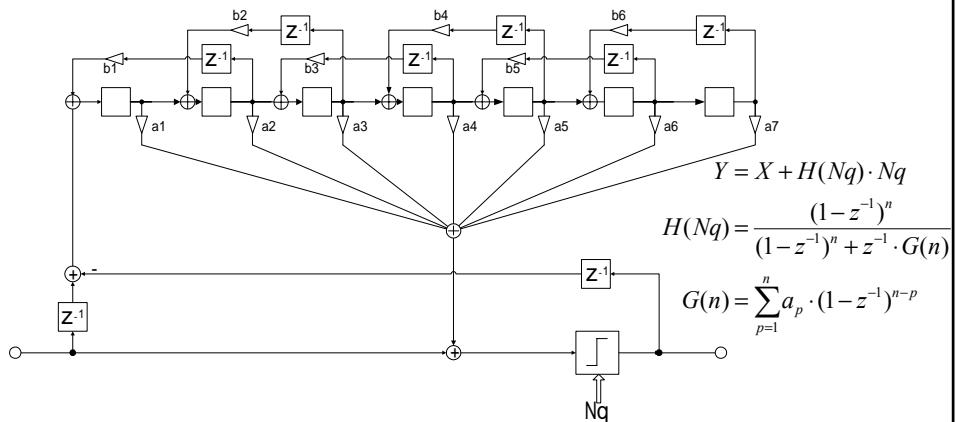
量子化雑音制御 8次 $\Sigma \Delta$ 変調器

量子化雑音のみ制御する $\Sigma \Delta$ 変調器 Sigma-Delta Modulator



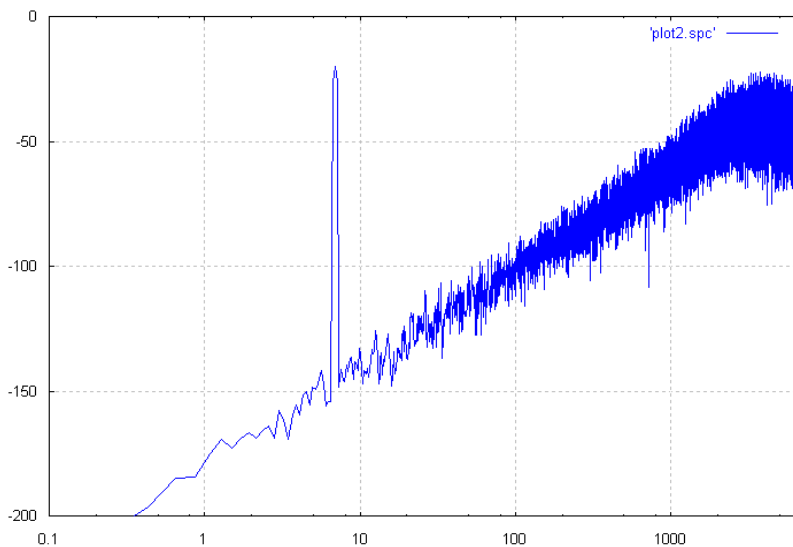
積分器縦続接続型

- 従属接続型により量子化雑音制御
- 入力に周波数の関数がかからない

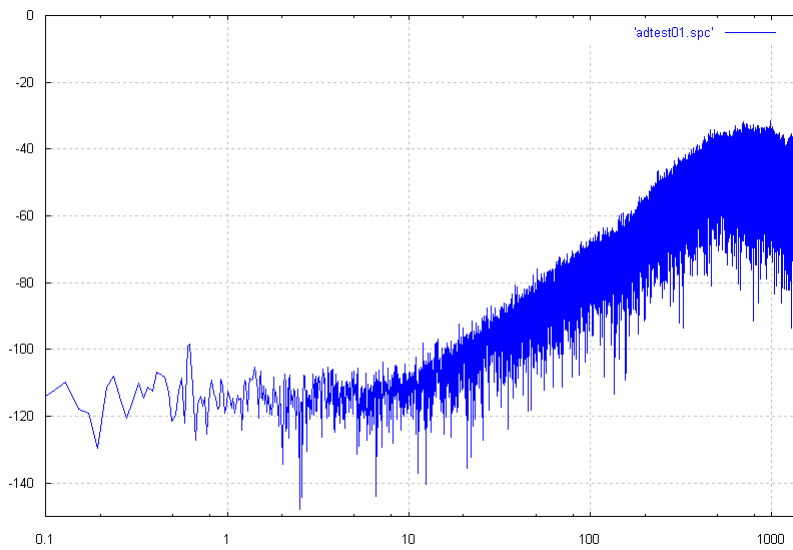


シンプルな構成

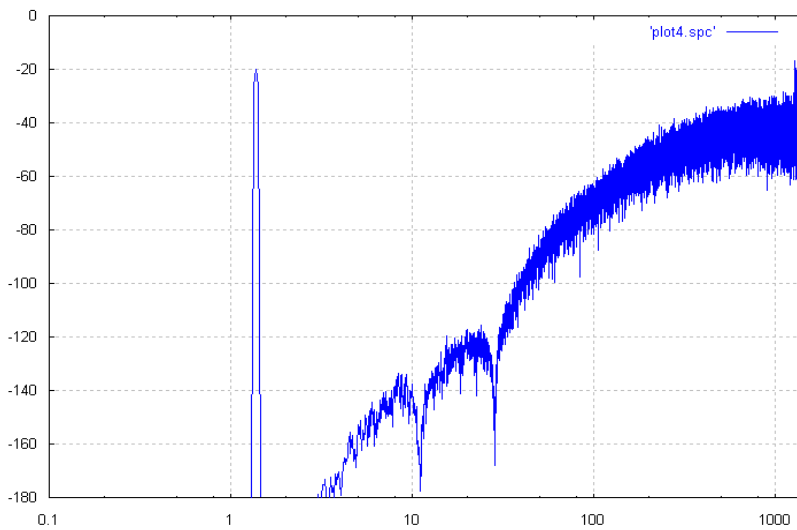
- 簡単なA/D変換器
- 絶対安定な2次 $\Sigma \Delta$ 変調器
- 高い標本化周波数
 $44.1\text{kHz} \times 160 = 48\text{kHz} \times 147 = 7.056\text{MHz}$
その整数倍 (14.112MHz, ...)
- 目的に応じてダウンサンプリング
- 目的に応じて量子化雑音制御



- 14.112MHz標本化 2次 $\Sigma \Delta$ 変調(理論値)



- 2.82MHz標本化 2次 $\Sigma \Delta$ 変調(実測)



量子化雑音制御の例 8次 $\Sigma \Delta$

録音・再生

- 編集・ネットワーク配信 → PCベース？
YAMAHA mLAN 7.056MHz対応可能
- 手軽に高品質録音 → ラジカセ？
アンサンブルシステム 半導体レコーダ
Pioneer wsdプレーヤ

1bitファイルフォーマット

wsdフォーマット

- 1bitデータストリームをストレージメディアに格納するためのデータファイル形式
- ファイルシステムにISO9660を適用
- Fileエクステンションは”WSD”
- 将来的な仕様拡張
- 1ビットオーディオコンソーシアム
ワーキンググループ 2002年

wsdフォーマット

- 標本化周波数
- チャンネル数
等を特に規定しない
- パケット化処理をしない
- ヘッダ+データストリーム

データファイル構造の主な特徴

<1stエリア> General Information

- データファイルを総合管理するエリア
- Version番号管理。

<2ndエリア>

Data Specifications Information

- 1-bit-codingされたStream Dataに関する各種データ仕様を格納
- 再生条件の決定

<3rdエリア> Text Data

- Stream Dataに関する一般的な情報（たとえば収録日やタイトル名等）を記述
- テキスト情報の格納エリア

<4thエリア> Stream Data

- Stream Dataを格納するエリア

<1stエリア> General Information

エリア	RBP			Field Name	Size (Byte)	内容
General Information	0	to	3	File ID	4	File Identifier
	4	to	7	Reserved *1	4	拡張用予備Field(主にFile ID用)
			8	Version_N	1	Data File形式のVersion番号
			9	Reserved *1	1	拡張用予備Field
	10	to	11	Reserved *1	2	拡張用予備Field
	12	to	15	File_SZ	4	Fileサイズ
	16	to	19	Reserved *1	4	拡張用予備Field
	20	to	23	Text_SP	4	Text Data領域のスタートアドレスポインタ
	24	to	27	Data_SP	4	Stream Data領域のスタートアドレスポインタ
	28	to	31	Reserved *1	4	拡張用予備Field

<2ndエリア> Data Specifications Information

Data Spec. Information	32	to	35	PB_TM	4	曲再生時間長
	36	to	39	fs	4	1-bit-coding標本化周波数
	40	to	43	Reserved *1	4	拡張用予備Field
			44	Ch_N	1	構成Ch数
	45	to	47	Reserved *1	3	拡張用予備Field
	48	to	51	Ch_Asn	4	Channel Assignment(スピーカ配置)
	52	to	63	Reserved *1	12	拡張用予備Field
	64	to	67	Emph	4	エンファシス有り・無し
	68	to	71	Reserved *1	4	拡張用予備Field
	72	to	127	Reserved *1	56	拡張用予備Field
	(if necessary)			Extension Area	Variable	注: Ver2.0以上の変更時に追加可能。

<3rdエリア> Text Data

Text Data	128	to	25 5	Title Name	128	曲のタイトル名
	256	to	38 3	Composer	128	作曲者名
	384	to	51 1	Song Writer	128	作詞者名
	512	to	63 9	Artist Name	128	曲のアーティスト名
	640	to	76 7	Album Name	128	曲のアルバム名
	768	to	79 9	Genre	32	曲のジャンル
	800	to	83 1	Date & Time	32	曲の収録日:西暦/月/日/時/分/時差
	832	to	86 3	Location	32	曲の収録場所。
	864	to	137 5	Comment	512	ファイル作成者のコメント
	1376	to	204 7	Reserved *2	672	拡張用予備Field

<4thエリア> Stream Data

- **Stream Data**は、各Ch毎に8bitアラインを行い（8bit=Oneユニット）、サンプル番号の昇順にMSBから配列
- 各Chの音声データサンプルは上記ルールに則し最終サイクルまで隙間なく連続配置されること。

