

GPS 時計を利用した割り込み信号発生器

地震予知研究センター

中川 渥・大見 士郎

京都大学防災研究所附属地震予知研究センターが維持する微小地震観測網のうち、隣接部分を有する、上宝・北陸・阿武山・鳥取・徳島の各観測所管轄の観測網を統合したシステムを SATARN システムと称している。(Seismic wave Automatic Triggering And Recording Network) これらの観測網のうち、北陸、阿武山、鳥取の 3 観測網では、SATARN では、沖電機製微小地震テレメータシステム (Okitecs4000 型) を運用している。SATARN System では、地震防災対策特別置法に基づき、大阪管区気象台館内の国立大学の微小地震観測網波形データの気象庁への集中機能も担っている。(一元化システム) による気象庁とのデータ交換は気象庁の業務の緊急性の観点から、できるだけ伝送遅延が小さいことが望ましい。初期の SATARN System では、Okitecs4000 のデータの気象庁への伝送に最低 30 秒の遅れが生じており、懸案となっていた。今回これを解決するために、新たに Okitecs4000 のデータ送出力用の機器開発を行った。

・ 開発機器の概要

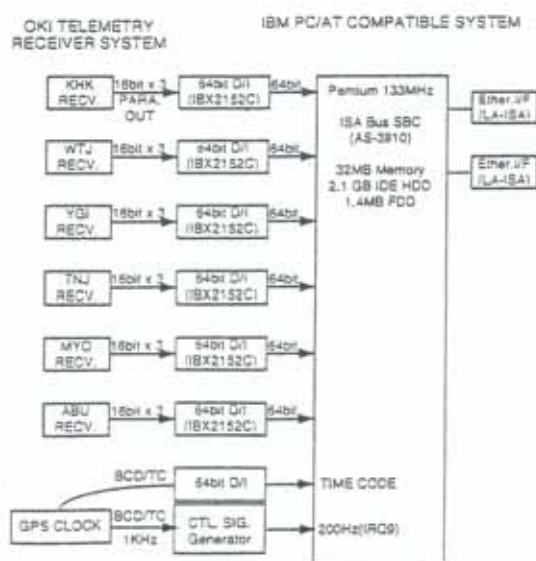
Okitecs4000 のデータ受量装置は、短周期地震波形データについてはアナログデータのみならずデジタルデータをリアルタイムでパラレル出力する機能も装備されている。今回の機器改造では、このパラレル出力データを利用し、白山工業株式会社製の GPS 時計 LS-20K で時刻タグを付加することにより所定のデータパケットを生成する方法を採用した。LS-20K は、リアルタイムで BCD/TC (BCD タイムコード以下と同じ) 目コード化された時刻信号を出力するため、即時に時刻タグを生成することが可能である。この BCD TM4000 テレメータ装置内蔵時計の較正信号など作成するモジュールを製作した。以下このモジュールの制作過程について記述する。

・ データ処理計算機の概要

データ入力処理部は Intel Pentium (133MHz) Memory(32M) を搭載した ISA バスのシングルボードコンピューター、地震データを取り込むデジタル入力 64bit を有するボードを一観測点一枚装備し集録観測点の数だけ装備した。

地震データを取り込む為の制御信号入力ボード、地震データをネットワークに送り出すボードで構成している。

データ取り込み構成図 - - - >



- 200 p p s の割り込み信号の発生

LS-20K GPS 時計は、BCD / TC パラレル時刻信号を出力する。この信号を利用すれば、時刻に同期した信号の発生ができる。

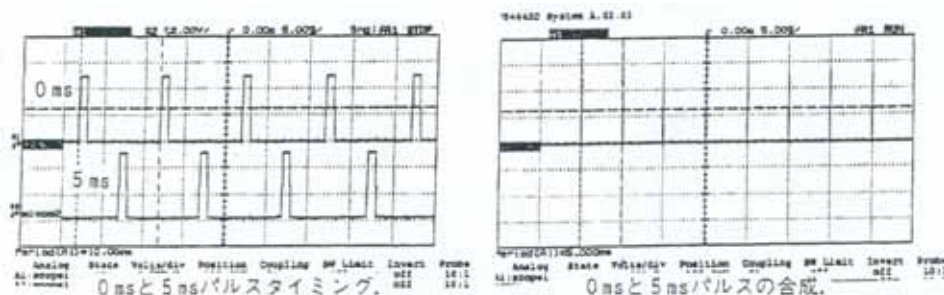
1000ms / 200sps=5ms. 5ms 間隔でパルスを生成する。0ms を基準に 5ms 間隔で生成する。まずビットパターンを見ます。

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	ms
1	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	
2	0	1	1	0	0	1	1	0	0	0	
4	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	
8	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	
	↑ 重み				▲					▲	

時刻基準の 0ms と 5ms のビットパターンを検出する。0 のビットパターンは 4 ビットとも 0 です。0 の一致を見つければ検出したことになります。

5 のビットパターンは 1010、このビットパターンを検出するには、1 を 0 に変換して、ビットとも 0 にして 0 の検出をする、2 つの 1 の検出と、2 つの 0 の検出を同時にする方法があります。どちらの検出方法を選ぶかは、部品点数作業量、サービス性の良さも考慮しなければなりません。このようないろいろな条件を総合判断して回路を決定するのです。1 を 0 に反転して 0 の一致を選ぶ、1ms の桁を一つの一致回路、その入力信号が 0 で単純になります。

0 の周期は 10ms sec、100Hz になります。5 の周期も同じです、0 と 5 は 5ms の時間差を持ち、そこでこの二つの信号を加算する。0ms、5ms の信号が交互に出力されます。これで 5ms 周期、すなわち 200Hz の信号が出力されます。



- 分信号の生成

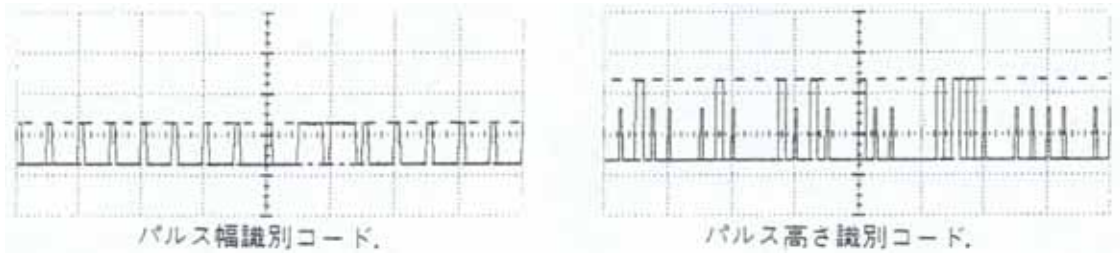
分信号の構成は秒信号を 60 カウントして分信号を発生している。1 すなわち 10 秒を 6 回カウントすると 60 秒つまり 1 分になり、1 秒を 10 回カウントして 10 秒これを 6 回繰り返して、1 分になる。分の正時は 0 秒、1 秒の桁の 0 秒は 1 分に 6 回現れる。すなわち 0、10、20、30、40、50 秒に。10 秒の桁の 0 と秒の桁の 0 の一致を見つけます。1 秒の桁の 0 と 10 秒の桁の 0 に 0 の一致があります、これをデジタル回路に実現すれば 1

分信号を発生できます。

秒 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9
 10秒 0 10 20 30

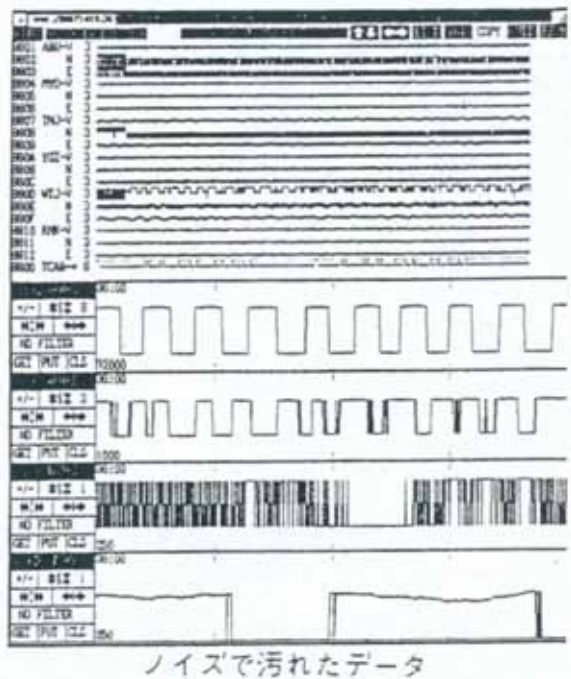
・ 直列時刻信号の波形整形

GPS 時計 LS-20K は、時刻信号の BCD / TC 並列信号回路で BCD / TC 信号を直列に並べて出力している直列時刻信号がある。BCD / TC 信号を同期信号に重ねて出力する。この場合同期信号と BCD / TC 信号の区別をするためにパルス幅、高さに違いにより判別できるようになっている。パソコンでのパルス幅の違いの検出には、オアス幅の時間の違いの測定データと秒信号の区別をするための情報を与えてやらなければならない。秒信号に BCD 信号だけを取り出すことができる。(今回はパルス幅を区別するもの) LS-20K のスローコード同時軸ケーブルで取り出すように出力コネクタが取り付けられている。同軸ケーブルの特性状通過した信号はケーブルの長さにもよるがかなりの歪みを持つ為、パソコンが誤って読み取らないよう波形整形をした。



・ 試験運用

以上の各ユニットをプリント板に組み上げ、ソフトウェア担当者と共に試験運用を試みた。まず、データの読み取りが多発した。テレメータ受信装置からの地震データにスパイクノイズの多発。GPS 時計からの時刻読み取りの誤り、読み取り時刻のふらつき等である。時刻の一定の読み取りは誤差は BCD / TC のコネクタの接続間違い、修正する。地震データのノイズ、時刻のふらつきはデータにノイズが重なっているようだ、この対策をする。



・ ノイズ対策

TM 装置のラック内は電氣的に非常に汚れている。TM 装置の電源にスイッチングレギュレータを使用している。このレギュレータはスイッチの開閉時間の調節により 2 次電圧を一定に保つ方式です。電氣的効率の高さ（発熱の少なさ）装置の小型などの理由でよくつかわれています。ノイズ発生は比較的高い電圧を短時間で開閉すると、レギュレータ制御回路に内蔵しているインダクタンスなどにより急峻な高エネルギーのスパイクノイズを発生します。

TM 装置を構成しているプリント基板はほとんどデジタル回路で構成しています、動作速度は 10MHz ぐらいで動いています。立ち上がりは急峻なのですが回路構成、プリント基板の設計により、プリント基板自体のノイズ発生はおさえられています。ですがプリント基板より引き出されているリード線からノイズが放射されています。

・ インターフェイスケーブルのノイズ対策

デジタルデータに重量するノイズは誘導によるもの、コネクタの不安定な接続によるものなどがあります。スパイク状のノイズが特に目立ちます、 dV/dt （電圧の立ち上がり速度）の大きなものがほとんどです。デジタル装置のノイズ対策として、ノイズ特有の周波数で線路インピーダンスを増加し、ノイズを阻止する手法があります。磁気損失の大きなフェライトでデジタルケーブルを挟み線路インピーダンスをノイズ特有の周波数でインピーダンスを高くする。すると、ノイズは通過できなくなり、反射する成分と磁気損失で吸収消滅します。ただし誘導性のインピーダンスが高くなるのでインダクタンスが増加する。その時定数 L/R をどこまで容認できるか、通信速度を考慮しなければなりません。計算機のインターフェイスケーブルに使われているフェライト系のノイズフィルターを使いました。特性を選んで購入できませんが、一般的なデジタル装置ですから凡用品を使いました。

ノイズ周波数領域で高いインピーダンスを持ち反射を少なくするため、 R 抵抗損失の大きなものであると確信して使いました。

複素インピーダンスは $Z = R + jX$ $R \gg jX$ であればノイズは熱に変わり反射成分も小さくなります。これでノイズはデジタルデータ取り込みに障害を与えなくなりました。

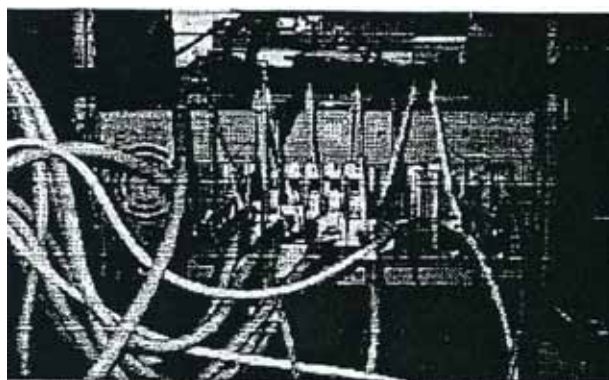


ノイズフィルター付ケーブル

・ コネクタの接続不良によるノイズの発生

ケーブルの両端のコネクタは、TM 装置側とデータ取り込み用パソコンがわにとりつけてあります。パソコン I/F 側は 96pin コネクタでパソコンに、もう一方は 50pin のコネクタでテレメータ装置に接続します。多心の重いケーブルが接続してあり、このケーブルの長さは 2m でノイズフィルター込みで、550g あります。両装置に接続すると、コネク

タ内の各々のピンはケーブルの重さにより接触が不安定な状態となり信号が正常に通過しなくなります。不安定な接触により、スパイクノイズを発生したり、信号が停止したりします。コネクタの安定な接続状態を得るためにコネクタに力をかけないようケーブルを保持し、安定な接続を確保することで質の良いデータを得ることができました。両コネクタに引っ張りの力が加わらないようにホールドしました。



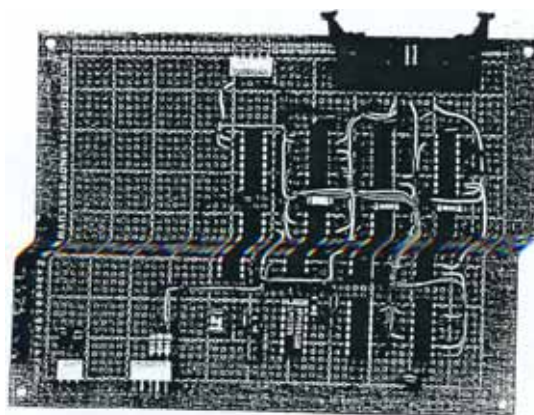
ケーブルのホールドの状態

・ 回路上のノイズ

電子回路図には、ノイズ対策は図面上に現れないが、耐ノイズ性は強化してある。電源は、スイッチングレギュレーターを使用した。この電源は、スイッチで通過時間を調整して、電圧を一定に保つ。スイッチのON/OFF時の急激な電圧変化により大きなノイズを発生する。このノイズをいかに押さえ込むかが課題です。

電源の出力端子から負荷につながるまでに、ノイズを回路動作に差し支えない大きさにまで小さくしておけばよいはず。電源端子に急激な負荷の変動による電圧変動用高周波性の良いコンデンサーと、中容量の電解コンデンサーとを組み合わせると、ノイズの軽減に効果的に働きました。

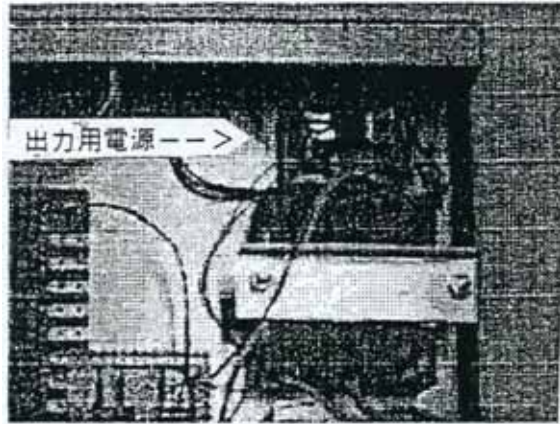
各ICの動作時に消費電流は増加します。電流増加による電圧変動の抑制に高周波特性の良いコンデンサーを電源ピンとグランドピン（デカップリングコンデンサー）に取り付け、動作時の電圧変動に伴うノイズ発生の抑制に効果的に働きました。電源供給点により遠い点では、途中で負荷が多数ぶら下がっています。それに電源供給線の持つインピーダンスによりIC動作時に電圧変動も発生します。電源供給は、線路末端では線路多点供給にし末端での負荷変動による電圧の変化を小さくすることができ目的どおりとなり効果があったようです。



デカップリングコンデンサー取り付け

- 出力用電源の分離

この装置の入力はLs-20KのBCD時刻信号をコネクタから並列に分岐して制御用パソコンに入力しています。出力は同じ制御用パソコンに地震データ取り込み信号として接続しており、多くの系統に関係を持っています。このように複雑な ground 回路を持つことによりアース回路を複雑にしています。動作の安定、ノイズの発生源にならないように電流ループを信号生成部と出力部に分割し電源分離を行いました。

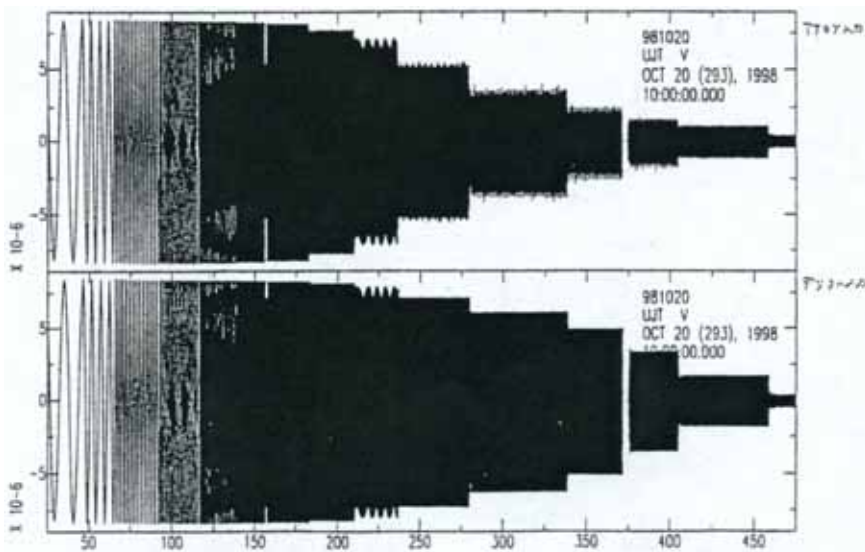
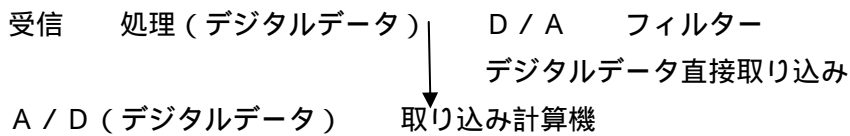


電源は信号生成部と信号出力部に独立した2電源を持ちます。

- 改善効果

このシステムの改善でデジタルデータをアナログに変換することなくデジタル取り込みが可能になり、D/A A/D の品質を落とす工程が省略でき、アナログ変換での品質低下から逃れることが出来S/Nのよいデータを取得できるようになった。

地震信号 増幅器 A/D (デジタルデータ) 処理 伝送 NTT回線



デジタル直接取り込みにより、ノイズ、波形歪の少ないデータ