

報 文

包 絡 線 検 波 方 式 の 開 発

岡山職業訓練短期大学校 森本 洋

Development of a Correct Envelope Detection Method for Random Wave

Yoh Morimoto

要 約 包絡線を正確に抽出する回路方式を提案するものであり、対象とする波形の周波数スペクトル分布に全く影響されない。この方式はC-R積分回路で構成されるローパスフィルターによらず、ピーク値検出回路によって一周ごとに正のピーク値をサンプルホールドさせるものである。衝撃波のような一般的な物理現象において、その包絡線を正確に抽出しようとする時に有効である。特にA/D変換器を通して包絡線をサンプリングするのに適している。この回路を金属片を打撃して得られる衝撃波の包絡線検波に適用したところ良好な結果を得た。

[I] 緒 言

ラジオ受信器などにおけるAM復調はC-R積分回路によっており、遮断周波数付近の信号成分はおおきな歪をうけている。またその周波数以上の信号成分は抑圧されて出力されていない。そのような復調回路であっても問題とならなかったのは搬送周波数と信号周波数が一桁以上はなれている事と、小さい歪は人間の耳では判別できない事によっている。

しかし計測の分野において正確に包絡線を抽出しようとする際には、歪があれば計測精度の低下を招くので、もとの波形に含まれるいかなる情報も損なわない事が必要である。また衝撃波のような一般的な物理現象においては、搬送周波数と信号周波数とに相当する周波数成分が一桁以上はなれているという保証はない。従って正確に包絡線を抽出するための最適な遮断周波数は存在しないので、衝撃波などの包絡線検波にはC-R積分回路を適用できない。

そこで積分回路を用いなくて包絡線を抽出する方法が必要となる。この方法として考えられるのは、波形を直接A/D変換し計算機を用いて包絡線を算出する事である。しかし計算機は大規模なメモリ容量を必要とし、また正確な計算処理のためのソフトウェアは複雑となるので、処理時間が長くなる事は避けられな

い。また廉価に提供する事は困難である。

この研究では、「①積分回路を用いない。②計算機を用いない。③周波数分布に影響されない。」という特徴を有する包絡線検波回路を開発したので報告する。

[II] 包絡線検波回路

(1) C-R積分回路を適用する時の問題点

図1 Aの1は一般的な衝撃波の波形を示す。図1 Bは振幅変調波からその包絡線を抽出する時に用いられるC-R積分回路を示す。衝撃波は媒質中を反射しながら複雑な伝搬経路をたどり受音点に到達し、重なりあっているため一般的に振幅変調波に似ている。しかし衝撃波の包絡線をこのC-R積分回路によって抽出しようとするれば充放電時定数の最適値が存在しないという問題がある。図1 AはC-R積分回路の時定数の違いによる出力波形の概要を示す。1は観測された衝撃波、2はこの波形に最も適当と考えられる充放電時定数による出力波形、3は放電時定数(τ_d)が過大でありダイアゴナルクリッピングを生じている波形、4は放電時定数が過小で高周波成分が残っている波形、5は充電時定数(τ_c)が過大で衝撃波1のピーク値をトレースできていない波形を示す。上記3、

4、5のいずれの場合においても衝撃波1の包絡線を正確にトレースする事はできない。また衝撃波の波形は伝搬する媒質や形状等に依存してさまざまに変化する事から、図1 A の1に示した衝撃波に最も適当な設定の充放電時定数によるC-R回路であっても他の媒質や形状等を伝搬した衝撃波に対しては最適であるとは限らない。従って周波数帯域の違いによって搬送波と包絡線を分離しようとするC-R積分回路では、衝撃波などのような一般的な物理現象の包絡線を歪なく抽出する事はできない。

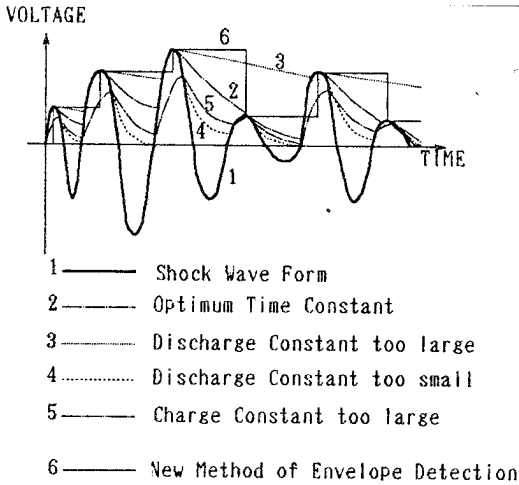


図1 A 衝撃波と検波出力

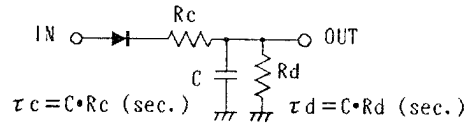


図1 B CR 検波回路

(2) 提案する検波回路

図1 A の6は本方式による包絡線検波回路による出力波形である。図2に回路図を、図3に動作タイミング図を示す。この回路は、搬送波の一周期ごとに正のピーク値をサンプルホールドして包絡線をトレースするように構成されている。そのため対象とする波形の周波数スペクトル分布に関係なく正確に包絡線を抽出できる。以下に回路動作の詳細について説明する。

図2の回路ブロック [A] は波形の正のピークを検出している。C1によって正のピーク値を保持すると共に、正のピーク値を過ぎた瞬間にIC-1の出力は負に振り切れる事を利用して正のピークのタイミングを検出している。回路ブロック [B] は微分回路であ

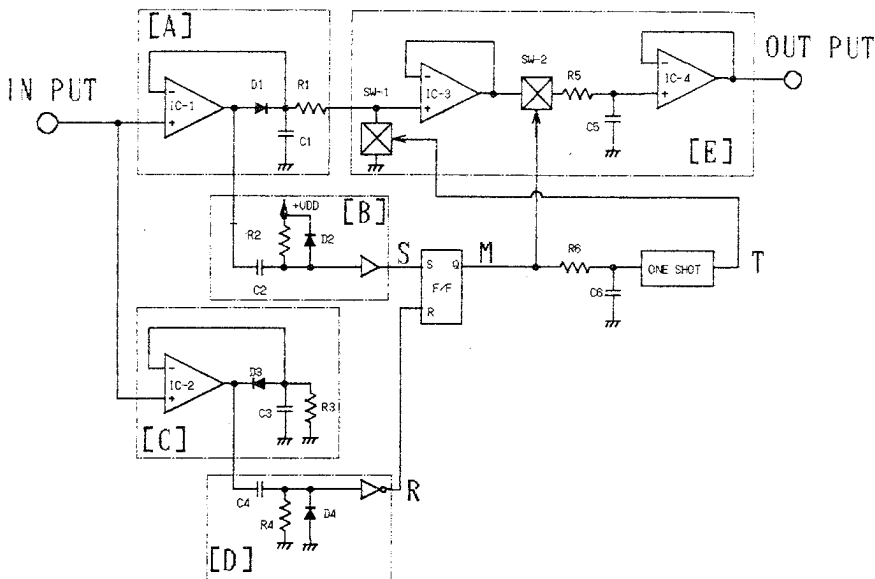


図2 提案する検波回路

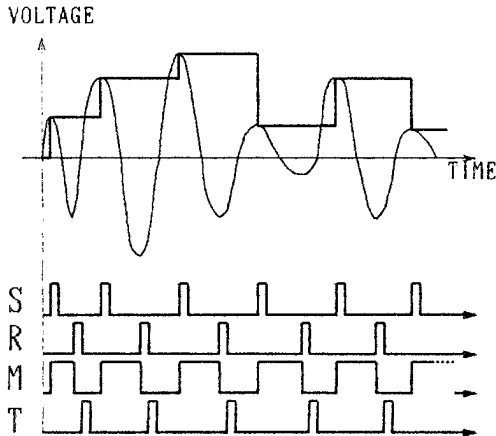


図3 提案回路のタイミングチャート

り、正のピークのタイミングを波形成型している。この出力をS信号とする。回路ブロック [C] は波形の負のピークを検出している。R3はC3を放電するために設置されている。負のピーク値は用いない。負のピーク値を過ぎた瞬間にIC-2の出力は正に振り切れる事を利用して負のピークのタイミングを検出している。回路ブロック [D] は微分回路であり、負のピークのタイミングを波形成型している。この出力をR信号とする。フリップフロップ (F/F) はS信号によってセットされR信号によってリセットされる。この出力をM信号とする。M信号がアクティブの時、アナログスイッチSW-2がONとなる。

「ONE SHOT」回路は、M信号がノンアクティブへ遷移する時にR6、C6によって時間が遅延された後にトリガーされ短いパルスが発生する。この出力をT信号とする。T信号がアクティブの時アナログスイッチSW-1がONとなる。C1はR1とSW-1を通して放電し、次の周期のピーク値を一時的に記憶するのに備える。回路ブロック [E] はサンプルホールド回路である。この検波回路の動作は、正のピーク時の電圧値をC1に記憶し、同時にSW-2をONにして同じ電圧をC5にコピーする。負のピークの際にSW-2をOFFし電圧をホールドする。C6、R6によってSW-2が完全にOFFする時間を経過したのち、「ONE SHOT」回路の出力信号によりSW-1がONとなって、C1を放電して次の周期の正のピーク値を判別するのに備える。この動作を繰り返す事に

よって波形の一周期ごとに正のピーク値をサンプルホールドするように動作する。その結果として包絡線をトレースするので衝撃波のようにランダムな波形が重畳したものであっても、周波数スペクトルの分布に関係なく、正確に包絡線を抽出できる。ここで、C3は次の周期の負のピーク値を判別するためにM信号の立ち上がりに同期して放電されるのが理想的である。しかしこの実施例では部品点数が増加する事を避けてR3のみでC3を放電した。

(3) 提案回路の拡張

〈1〉 負のピーク値をトレースさせる。

本報告では正のピーク値をトレースする事を主に述べたが、本回路は負のピーク値をトレースするように設定する事ができる。図2の回路において以下の接続点を変更すればよい。

- ①回路ブロック [A] においてR1をSW-1に接続しないでグラウンドに接続する。
- ②回路ブロック [C] においてR3をグラウンドに接続しないでSW-1に接続する。
- ③フリップフロップ (F/F) のS入力端子にR信号を接続し、R入力端子にS信号を接続する。

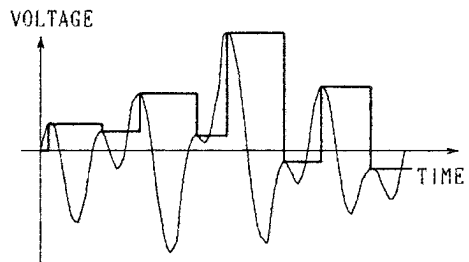


図4 包絡線出力例1

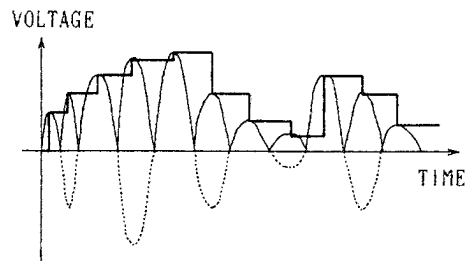


図5 包絡線出力例2

このように回路接続を変更すれば、回路ブロック [E] のサンプルホールド回路には負のピークの瞬間の電圧がコンデンサ C5 に保持されるので、負のピークをトレースする。

〈2〉 グラウンドレベルに関係なく正のピークをトレースする。

図2の回路では、回路ブロック [A] によって、正のピークを検出する範囲はグラウンドレベル (OV) と正の電源電圧の領域である。また回路ブロック [C] によって、負のピークを検出する範囲はグラウンドレベル (OV) と負の電源電圧の領域である。ここで正と負のピークを検出する範囲をそれぞれ正と負の電源電圧の間をすべて対象とするためには、図2の回路において以下の接続点を変更すればよい。

- ① 正のピークを検出する範囲が負の電源電圧以上の領域を対象にするために、回路ブロック [A] の C1 のグラウンド側を切り離して負の電源電圧に接続し、回路ブロック [E] の SW-1 のグラウンド側を切り離して負の電源電圧に接続する。
- ② 負のピークを検出する範囲が正の電源電圧以下の領域とするために、回路ブロック [C] において C3、R3 のグラウンド側を切り離して正の電源電圧に接続する。

このような設定は、一般的な物理現象の包絡線検出のためには適当であり推奨する。

図4はグラウンドレベルに関係なく包絡線をトレースしている例を示す。

図5は、図1 A の 1 の波形を全波整流した波形に対する出力波形を示す。図1 A の 6 の出力波形に比べ、詳細に包絡線をトレースしている。

〔Ⅲ〕 応用例

写真1は金属片(ねずみ鋳鉄、約30×50×200mm)を打撃して得られる衝撃音の波形を用いて包絡線を抽出した様子を示す。正確な包絡線が得られている事が認められる。

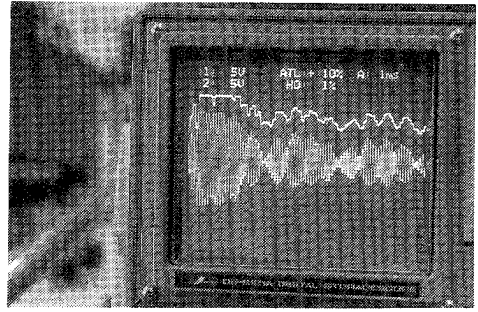


写真1 包絡線出力例3

〔Ⅳ〕 結言

この方式の包絡線検波回路は以下の特徴を有する。

- ① 衝撃波のような一般的な物理現象において、その包絡線を正確に抽出しようとする時に有効である。
- ② 波形のピーク値をホールドして出力しているため、A/D変換器を介してデータを計算機に取り込む際には読み取り誤差が小さい。またA/D変換開始のタイミング信号としてS、R、M、Tの各信号の内から1つを選択して利用できる利点を有している。
- ③ この包絡線検波回路は直流結合であるので広い応用範囲を期待できる。例えば図4に示すような波形であっても正確に包絡線をトレースする。
- ④ 負のピーク値をトレースさせる事が可能である。
- ⑤ この検波回路の動作上限周波数は、オペアンプのスリューレートと論理素子の動作速度とによって制限されており、汎用の素子を用いた場合にはDC～約100 KHz程度の周波数範囲内で実用可能である。