

theremino
•the•real•modular•in-out•

テレミノシステム

ガンマ線スペクトロメトリー シグナル・コンディショニングのテクニック

(注) このドキュメントは、機械翻訳されたもので、まだ、人力翻訳/編集がなされていません。誤訳などがある可能性も高いので、英文ドキュメント、又はイタリア語ドキュメントと照らし合わせて、ご確認ください。尚、これらの文書の日本語化を支援して下さる方を募集しています。詳しくは、nkom@rocketmail.com までご連絡ください。

ガンマ線スペクトロメトリー

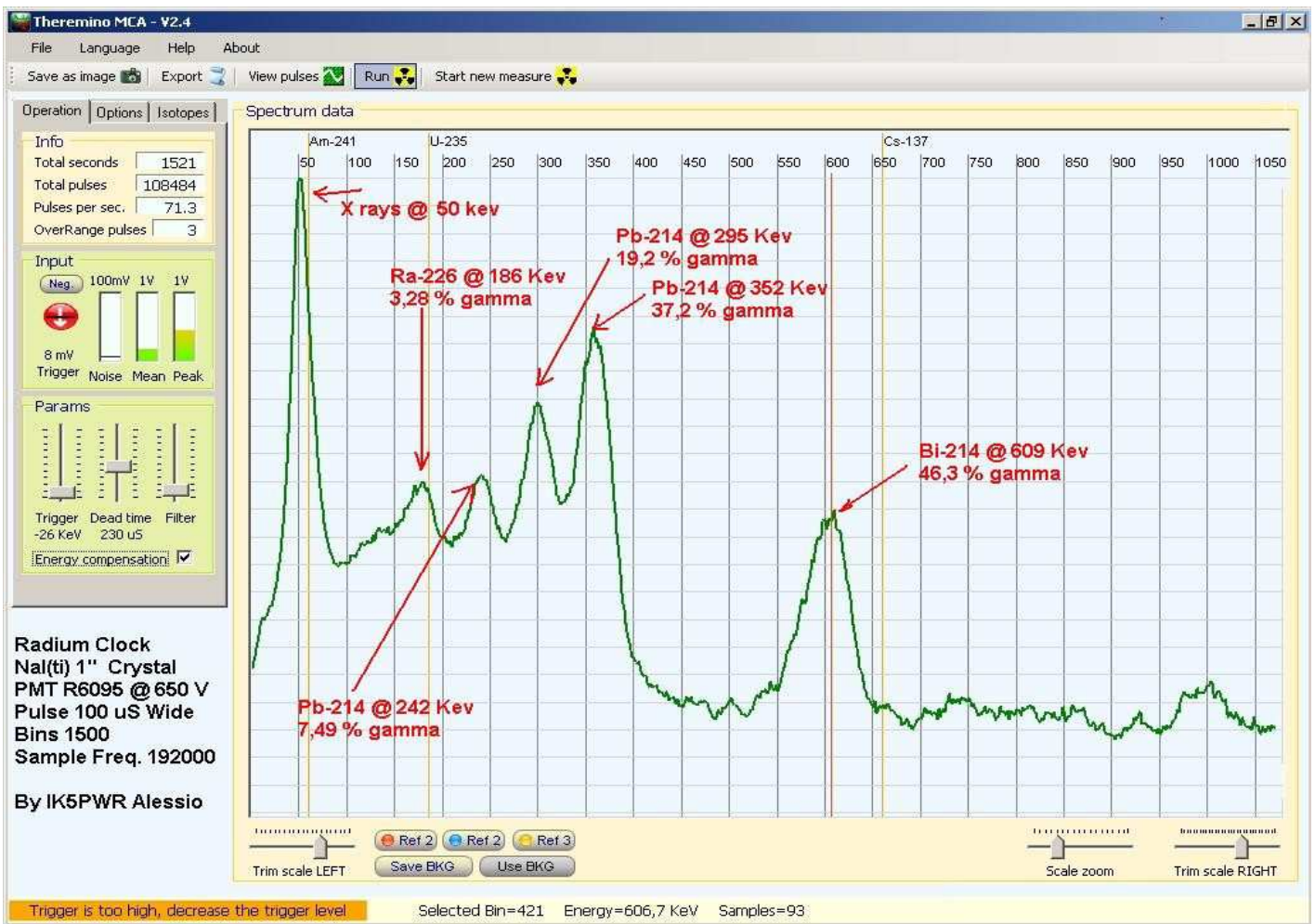
エネルギーのスペクトルを測定することにより、放射性同位体を区別し、それらの相対的な豊かさを鑑賞することが可能です。各同位体は、1つまたは複数の行に焦点を当てたエネルギーを持つガンマ線を生成します。得られたグラフの形状は、被試験試料中に存在する放射性物質を検出するために使用される "署名" の一種である。

ガンマ線は、個別のセンサによって検出された (結晶シンチレータ、光電子増倍管、フォトダイオード)、通常 keV の (キロ電子ボルト) で測定されたガンマ線のエネルギーに比例した割合で電気インパルスに変換されます

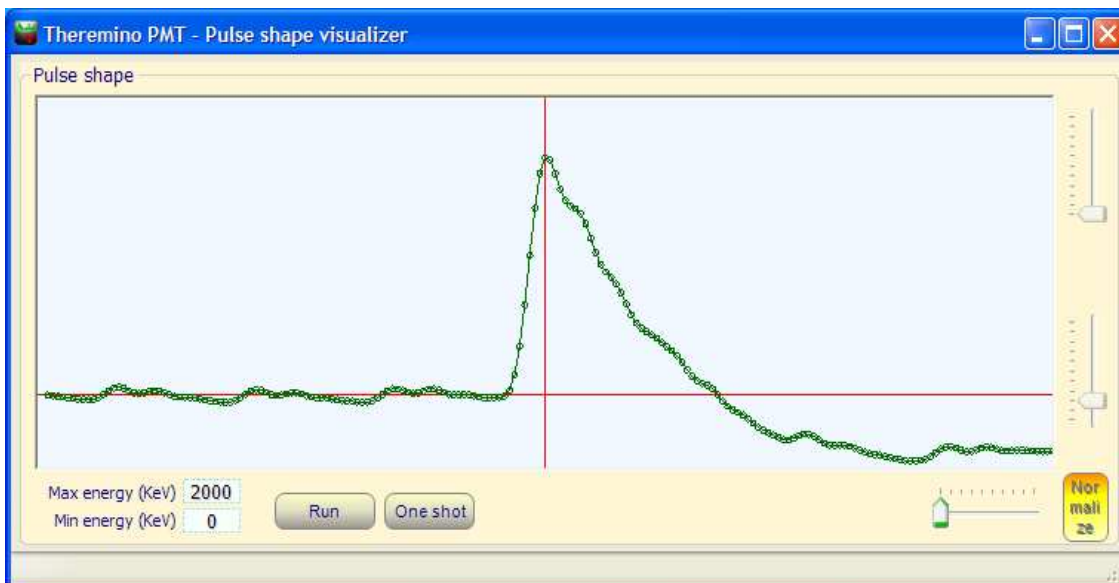
MCA (マルチチャンネルアナライザー) は騒音から抽出され、インパルスが keV ので較正グラフに変換されると呼ばれる特別なソフトウェアを容易にオペレータによって読み取ることができると。



これは、キャリブレーションのための容易に認識できるため、より使用される放射性セシウムの "署名" (CS-137) です。よくこの分野の専門家に知られている他のブランドはアメリカシウム (Am-241)、ラジオ (RA-226)、コバルト (Co-60) とカリウム (K-40) のものである



これは、186、242、296 および 352 keV のと 609 で単一ピーク keV のその 4 つの特徴的なピークで、ラジオの "署名" (RA-226) です。



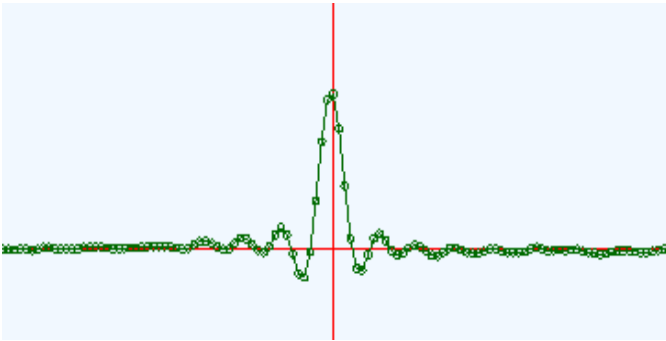
これは光電子増倍管に結合され、増幅された結晶シンチレータから来るパルスです。

衝動を認識

パルスの認識はマルチチャンネルアナライザに重要であり、これを行うには多くの方法があり、それらはすべて、高エネルギーのパルス上でうまく動作しますが、いくつかは非常に低エネルギーの領域でうまく動作することができます。

よく知られているソフトウェア PRA は、例えば、かなりうまくパルス形状 "形状認識" の認識を使用しますが、それは、パルスの多数を排除し、著しく表示が遅く遅くなります。

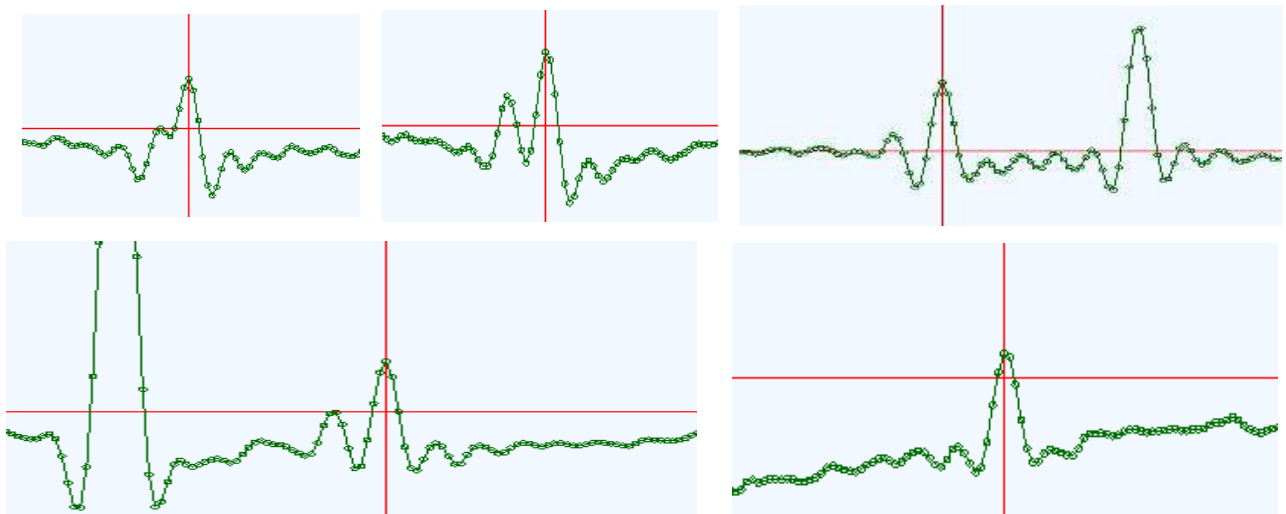
直感的には、フォームの衝動を認識するには理想的な方法だと思います。パルスは高いですが、彼らが小さい場合、これは本当です、ノイズから変形し、この方法が 1 つだけのことを行うことができます "リングング" は、それらを削除します。



我々は左の画像のインパルスを認識するには、"形"を持っていることを認識しない。一般的に、高エネルギーパルスは、多かれ少なかれ似たものになるだろうが "形状認識" は簡単にそれらを認識します。

しかし、何が 100 keV 以下のエネルギーと、パルスが非常に低くなって作ったのですか？

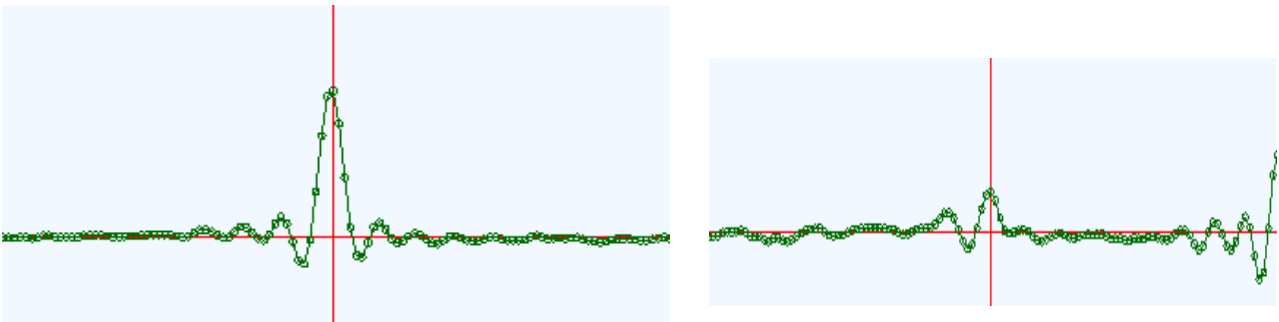
ここで少し "だ - 将来の画像のスケールは非常に垂直増幅されたことを注意、実際のパルスは、前年に比べ 10~100 倍低くなっています。



彼らはすべてのそれはそれらの高エネルギーのように見えるものを見つけるしない場合は、ノイズによって歪められている。このような状況では "形状認識"が2つだけのことを行うか、それらをすべて削除、または良いのわずかな類似性に満足しており、すべての "リングング"との山を作り出すノイズパルスのように見えるすべての小さなバンプを取ることができている被覆グラフの左側にノイズが、興味のある行を移動してぼかします。

Theremino MCA はパルスを認識する方法

前のページに見られるように、"図形認識"は遅いですし、多くのノイズを生成しますが、より良い方法があるのでしょうか？



高エネルギーのパルス (660 keV) の 非常に低エネルギーのパルス (32 keV) の

これらの2つの画像を見て、人間は、すぐに、右に一つでも有効なパルスであることさえ全く異なる形状の場合に認識している。

さえ Theremino MCA はあなたが彼の "パルス形状ビジュアライザ"で見ることができるよう、実際には、赤線は、信号がノイズの合理的に空いている場合、センターで完璧に彼を連れて行ったかを示しますし、いくつかの MCA Theremino それは間違っって邪魔、成功

この結果に到達するために、Theremino MCA はしない様々であるが、パルスはノイズとは異なる動作方法についてできる形式に基づいている "行動"行動療法、のセットを使用します。

まず第一に、それは未来を予測することが必要である...彼らはいくつかの時間後に発生したときにこれを行うにも、まだ到着していない人々を持っている、つまりあなたは、遅延ラインのすべての運動量 (循環バッファ) を通過してからパルスを読み取ることはありません。このようにして、パルス後の地域の特性を持つことが可能です。

次に主な機能をチェックします。このインパルスの最高のサンプルとは何ですか？高い近くのサンプルはありますか？重畳された他のパルスがありますか？ゼロラインが所定の位置にあるか、高いか低いか？何は、おそらく単なるノイズパルスのように見えますか？

その後、"リングング"やノイズの影響を消去し、ゼロラインをまっすぐにするために可能なすべてを解決してみてください。

すべてがうまくいけば最後に、あなたがそうでなければ、あなたがそれを削除してブーストを格納します。

ThereminoMCA の除去率はほぼ "ビートを逃さない"、ミニマルであり、これは彼のグラフの作成率を示しています。

オーディオ信号のサンプリングと "リングング"

リングングは、(英語では "うなり声"ではなく、"リングング"、"振動"や"共鳴"を意味するものではありません) サウンドカードのアンチエイリアシングフィルタによって作成されます。

多くはリングングがケーブルやアンプの信号に依存しており、成功せずに、それを排除するために、これらのコンポーネントに基づいて行動しようと思います。

リングングを除去するためには、最低 100 私たちに光電子増倍管から数マイクロ秒の製品を長く、適切なローパスフィルタでパルスを柔らかくする必要があります

あなたが誰かを失った場合、パルスを長くすることが、通常の実験室での対策ではない時には、わずかな割合を失い、この損失は転送速度が増加するのではなく、大幅に減少するように、より正確で読みやすいパルスを有することによって補償されている場合。

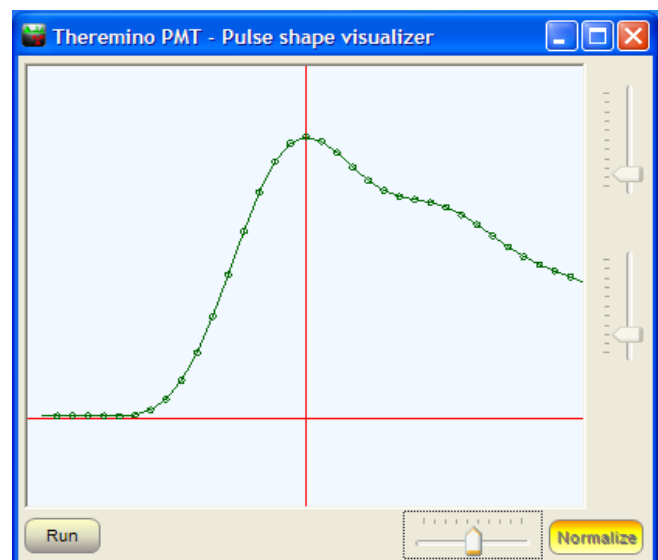
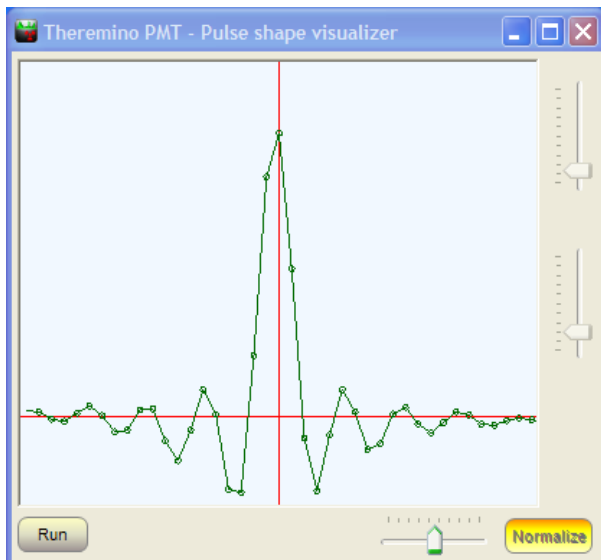
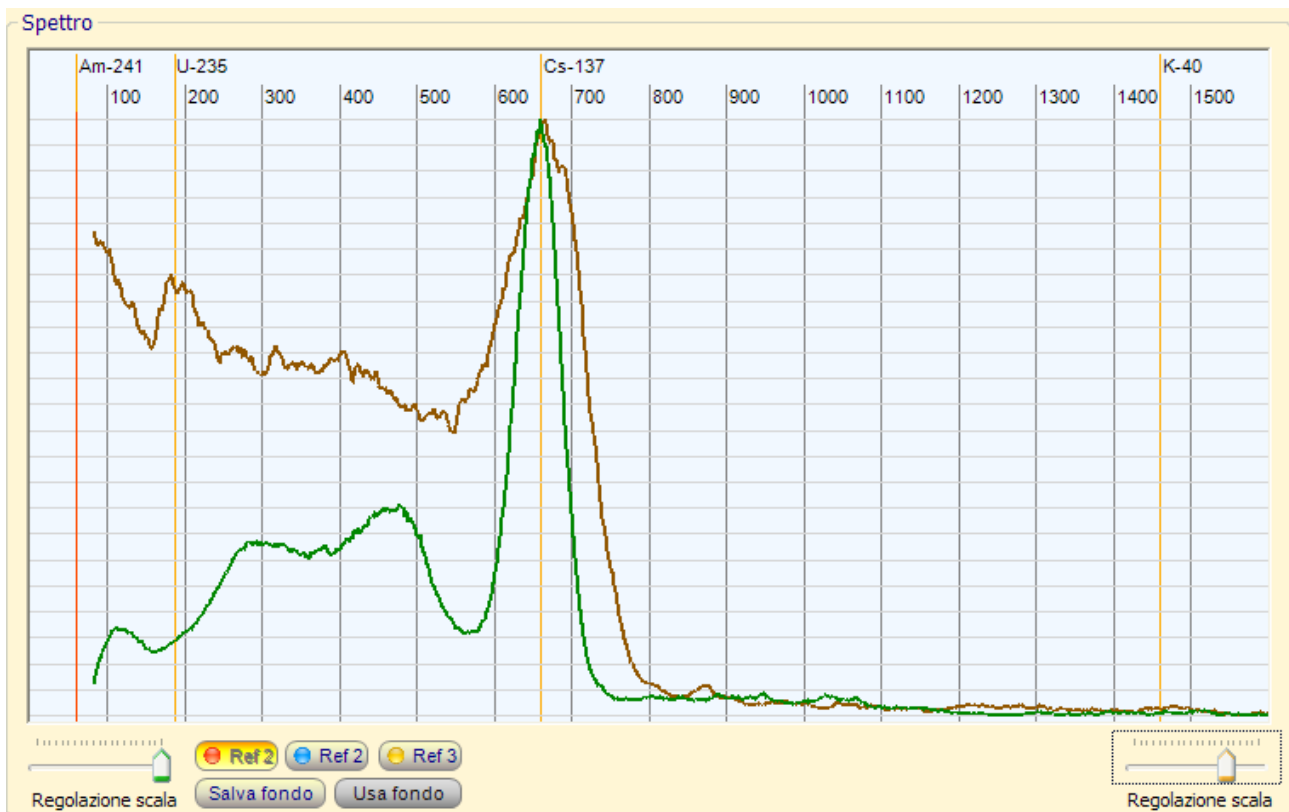


写真1から10まで私たちパルスから写真2 - パルス〜100 問い合わせ

画像 "1"、"2"は "鳴って"生産しない私達に 100 からのブーストが表示されながら、大声で "リング"を生成し、非常に狭いパルス (10 us) などが表示されます

最初の画像の最大ポイントは次ページに示すように、かなりの行を広げる不正確な測定の結果、点数が少なすぎると、不完全にサンプリングされることにも注意してください。

フィルタリングされていない信号



セシウムのライン - 赤の 10 私達パルス、緑色のパルスと 100 達と

この画像では、セシウムの行はかなりの拡大および約 300~450 keV の 2 こぶの特性を取り除くために立ち上がるノイズのカーペットの増加を生成するフィルタ処理されていない信号 (赤色で表示) を参照してください

パルスを拡張すると、同位体のラインを引き締め、サンプリングされた値をシャープにノイズを低減し、それも最も弱い信号をポップ。

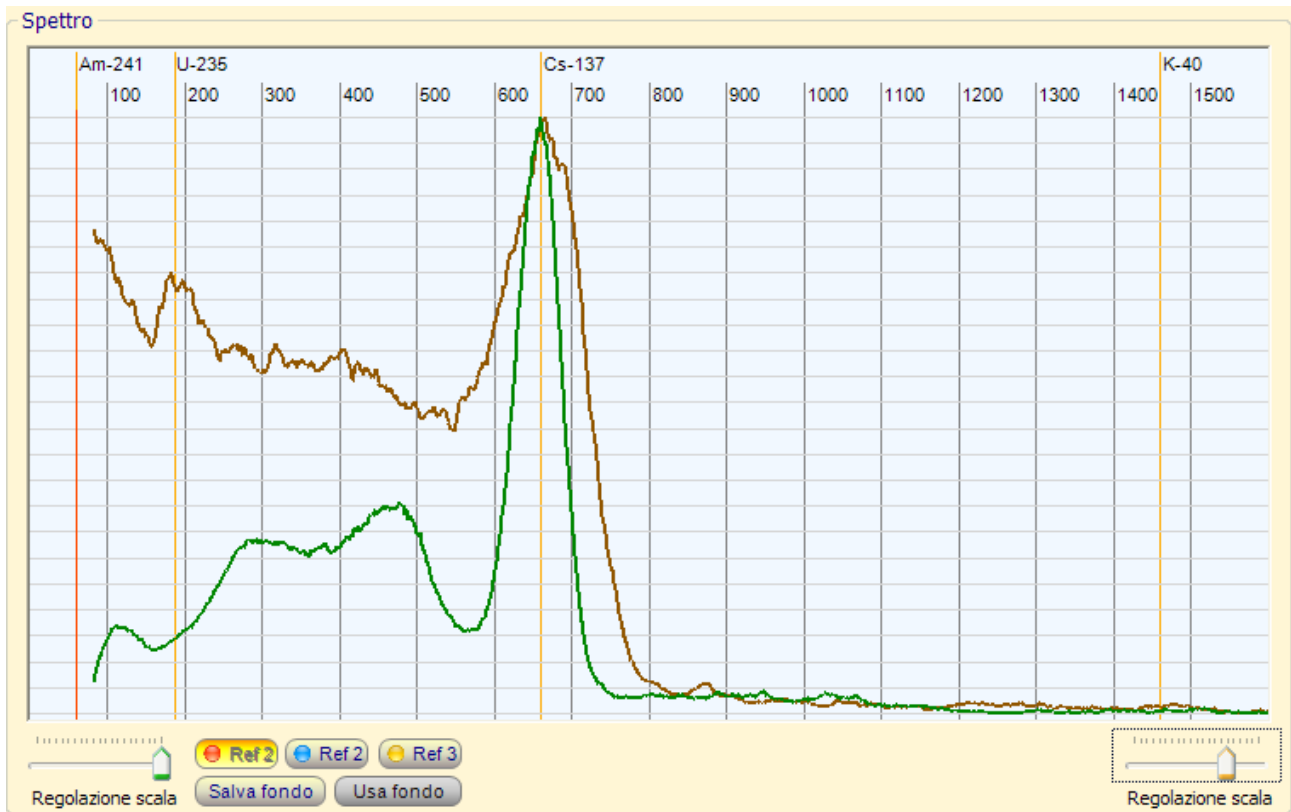
パルス幅を使用するだけのメリットと副作用を持っています。通常の方策で 100 cps の周りの周波数を測定して、2 つのパルス間の平均距離は約 10 ミリ秒です。十ミリ秒はあなたが原因でバッチ処理 (最大杭数パルスを失うため 100US よりも 100 倍も大きい 英語で)

非常に大規模なパルス (最大 500 US) で、これらの例では、ソフトウェアが第二のパルスがなくなるため、"積み上げ"による測定誤差を発生しません。

多くを失う結果として毎秒さえ万これらの場合でパルスがより頻繁であることがしばしば誰か時にはサンプルは非常に放射性測定オブジェクトと、。推論は、パルスの 50% 程度を失う場合に

は、間違っています。あなたは数秒で完璧な曲線を作成するように頻繁に同じ衝動を持っているので、しかし、それは問題ではありません。

線の拡大を引き起こす



緑のささやかな拡大中のセシウムの赤い線の大幅な拡大である。

多くのメカニズムは、スペクトル線の幅を広げるために貢献する、最も重要なものは次のとおりです。

- シンチレータの材料
- ジオメトリ、透明性、シンチレータの表面仕上げ
- チューブ PMT の結晶と陰極の間の経路の光の反射と屈折
- ノイズと信号を歪ませる "リングング"。
- パルスとノイズの間の差別のエラー
- ゼロ線パルスの運動 ("ベースラインシフト")
- 測定ソフトウェアの系統誤差

これらのメカニズムは、主に以下、同様のエラーを生成します：

行 (1) 拡大

(2) 線の先端を下げる。この画像ではセシウムのラインは、この効果が見えないとなっている正規化した。

(3) 行の左側にあるベースラインの育成

(4) (前のより小さい大きさの) 行の右側にベースラインの育成

結晶はラインを拡大しているのです？

そして、なぜ左にもっと広げる？

各光子範囲を変換しながらシンチレータは、可視光の光子にガンマ光子を変換結晶は光の光子数で乗算されます。

各ガンマ光子によって生成される可視光の光子数は（最終的には同じものであるか、またはエネルギーの比）は、2つの光子の周波数の比に依存する

たとえば、660 keV の (Cs) からフォトン範囲は可視光青緑色と 32 keV の (アメリシウム) の光子の千約 330 光子を生成することが期待されている 16 000 を生成する。与えられた、しかし、結晶が効率を少し 'が 10% 未満を持っていることを、最初のケースで 5 千約 20 と第二の約千になります。

光子	波長	エネルギー（約）
ガンマ線	0.0001 nm で 0.01nm で	10 MeV まで 100keV の
X 線	0.01nm で 10nm で	100keV の 0.1 keV の (100 eV) の
可視光黄色	400nm の	0.0025 keV の (2.5 eV) を
可視光青緑色	500nm の	0002 ドーズ (2 eV) を
可視赤色光	700nm で	0.0015 keV の (1.5 eV) を

ガンマ線を可視光に変換されなくなるまで量子その整合性を持っています。O が何かに衝突して検出されるか、または邪魔されずに通過します。

このガンマ線の影響を受けやすい地域で衝突し、可視光子のフラッシュを生産し、彼が去ったときと同じエネルギーを持っている場合の例として、我々は 32 keV のビーム範囲を取る。このしかし、空気と、アルミニウム、プラスチック、水晶のような他の物質を通過した、それは長い道のりを歩んできたものの、最後には我々まで別の銀河、によって、例えば、それがときに比べて全く同じ 32 keV のエネルギーを持つことになり作成されました。

光子のエネルギー範囲はどのような方法で "減少"、または停止することができず、その後ガンマ光子は何か他のものに変換、または彼の途中で邪魔されずに連続表示されなくなります。

光の多くの光子のガンマ光子を変換した後、しかし、物事は変わる。単一パルスを構成する光の光子の数千人は、光電子増倍管の光陰極に来て残っているため、それらの多くは途中で挫折する。

迷子のチャンスが多く、汚れの粒子と光子の衝突のいくつかは、他の人が、彼らの目的地に到達する前に、ガラスの壁の上に数回バウンスして消滅につながる方向を持って生まれたものもあり、またチューブと PMT から来ることができる結晶を通過する間に失われた。

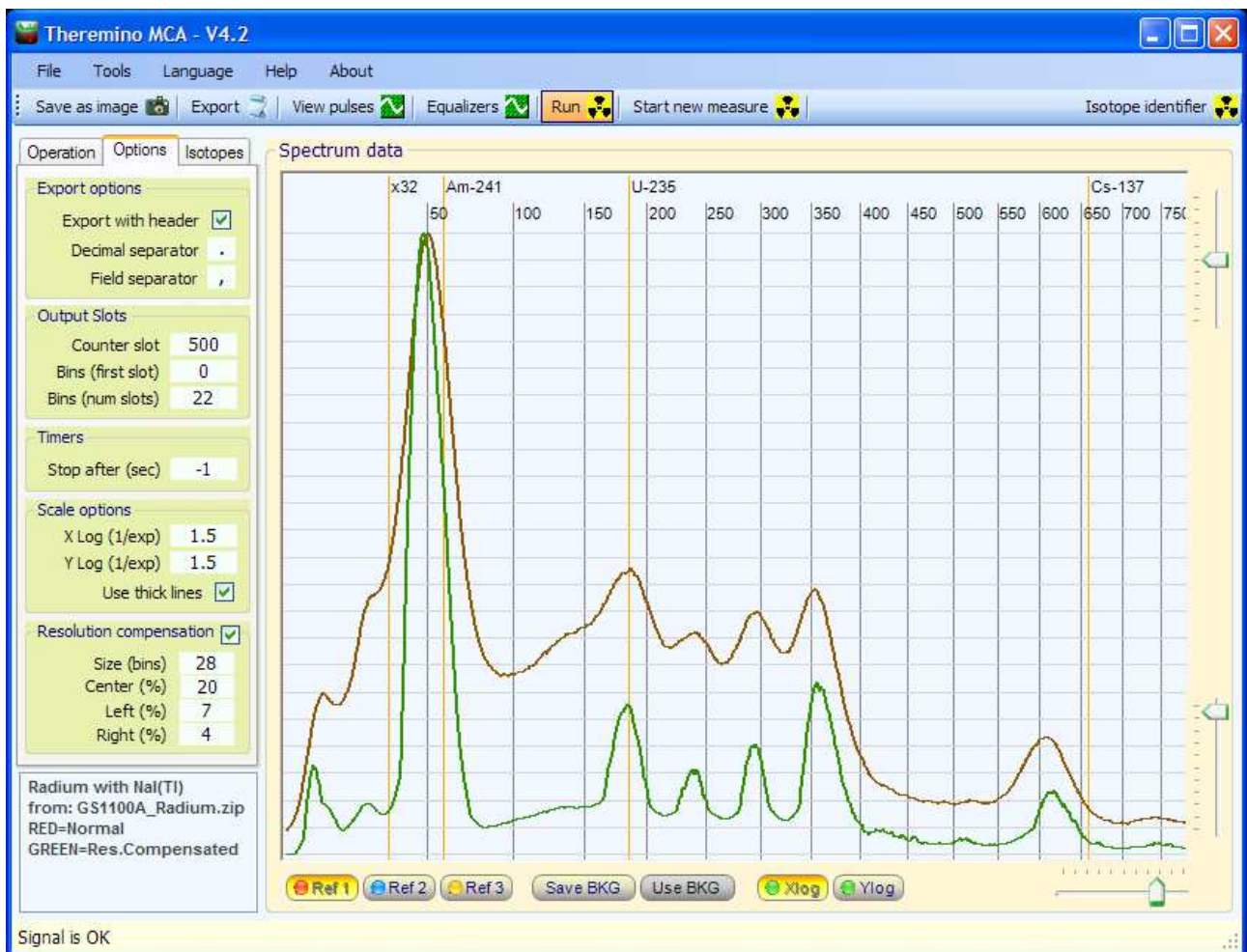
いくつかのケースでは、幸いにもかなりの数が少ないだけ 900、500 はごくまれ、およびいくつかのまれなケースであつてもずっとそこには 1000 元の光子の合計と比較されます。これは、左側に線の拡幅を生成します。彼らは千の当事者であれば、以上の千元が *arrivarne* できないため、右に拡大が小さくなっています。

線の代償性肥大

結晶シンチレータは、線の広がりを生み出す、その解決はまだ低すぎる。BGO結晶は、6%にはるかに高価な12% (FWHM) から幅、結晶のNaI (TI) は、到着しました。

解像度の補正アルゴリズムは、画像の定義の増加のアルゴリズムに似た方法で動作し、いくつかのパーセント・ポイントを獲得することができ、簡単に5%以下10%以下BGOとのNaI (TI) を導くことができます

解像度でも、小さな改善は同位体のラインの視認性に大きな影響を与えるとラインが小さく見えるように、ノイズの絨毯を低下させ、それはそうでなければ目に見えないでしょう。



ここでは、結晶のNaI (TI) との無線のスペクトルを参照してください。結晶 (赤) と補償の終了のための報酬は大幅にノイズのカーペットを (緑色) は低下していることなく、

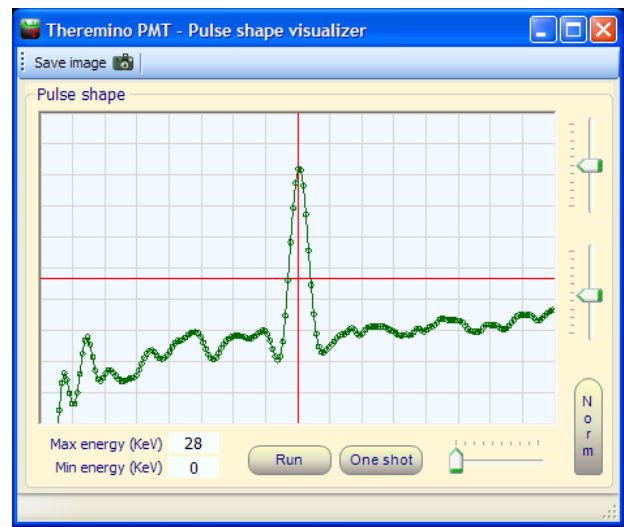
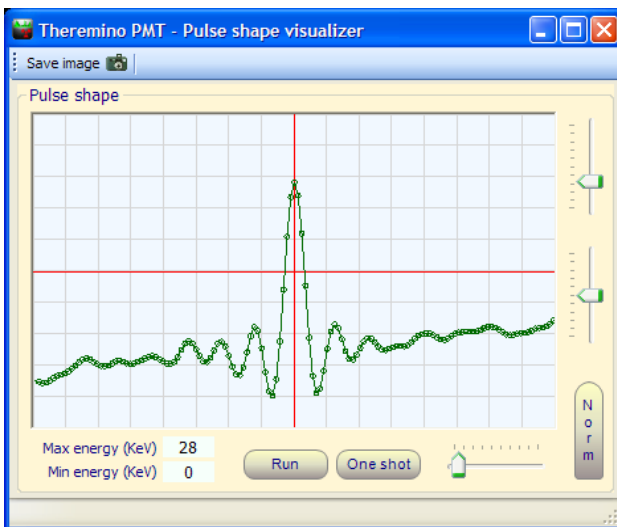
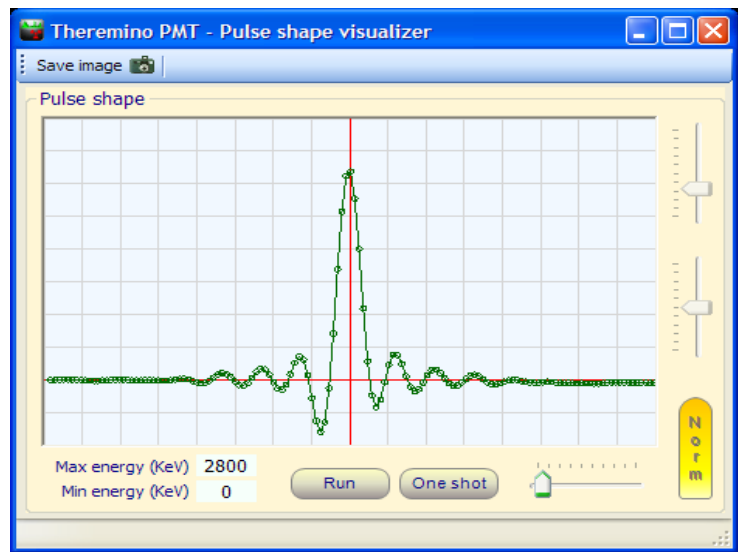
ベースライン (Baseline は復元)

いつもこの絵のように、ゼロライン上によく整列パルスを中心よりお待ちしていますが、いくつかのハードウェアは、その場所にあるすべての衝動を保つことができます。

常にベースラインを持つようにするのは、全体のシグナル・チェーンは、デカップリングキャパシタをせずに、連続で完全に動作するはずが停止します。それはサウンドカードだけでなく、高電圧のデカップリングコンデンサのだけではありません。

一方、カップリング全く温度変化としてゼロからベースラインの変位を含む連続的な原因は、多くの問題、インチ

それは我々が次の2つの画像のような不安定なベースラインと一緒に暮らす必要があることを意味します。



"ベースライン"は、多くの衝動があるときに低くなるようにし、パルス間の休止中に取得する傾向がある。

その結果、パルスが本当の低エネルギー (赤い線を超えて上昇する唯一の部分) を用いて測定

し、これは行と行の左側にあるノイズのカーペットの増加の拡大を引き起こしている。

バイポーラパルス

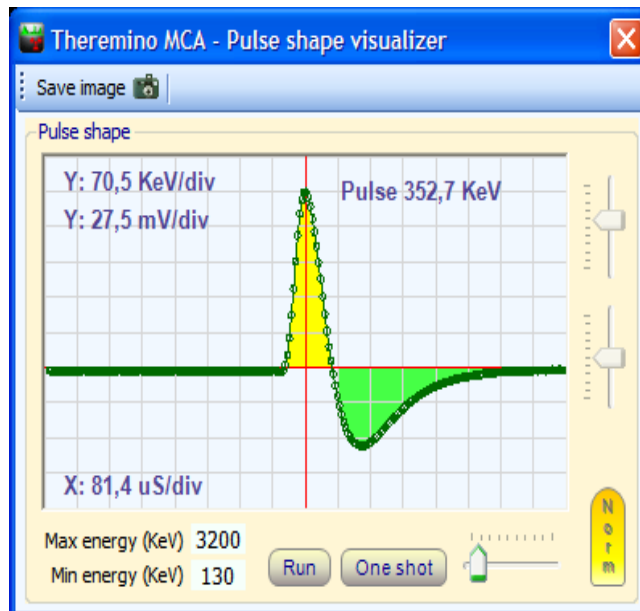
入力回路でもベースラインのずれを最小限に抑えるために AC 結合は、 "バイポーラパルス"を使うのがよいです

パルス "バイポーラ"は正の主パルスに続く負の信号のゾーンによって特徴付けられる。

最初の部分 (正) と第二部 (負) **同じ面積を持っている必要があります。**

このタイプの信号は "アンダーずに"肯定的な信号から出発し、約 5kHz のオクターブカットオフ周波数当たり 6dB のハイパスフィルタを追加取得されます。

ハイパスフィルタは、スペクトルの下部にノイズを除去するのに有益な効果を持っています。



PmtAdapter **はどのように来る** ノーアンダーシュートを持つ信号を生成してから、この方法でそれを分解するために慎重に設定している？

なぜ信号のみから "アンダーシュートなし" ベースラインのズレをなくす互いに完全に等しい正と負の領域を持つ、完全にバランスのとれたバイポーラパルスを生成することができません。

復元ベースの方法

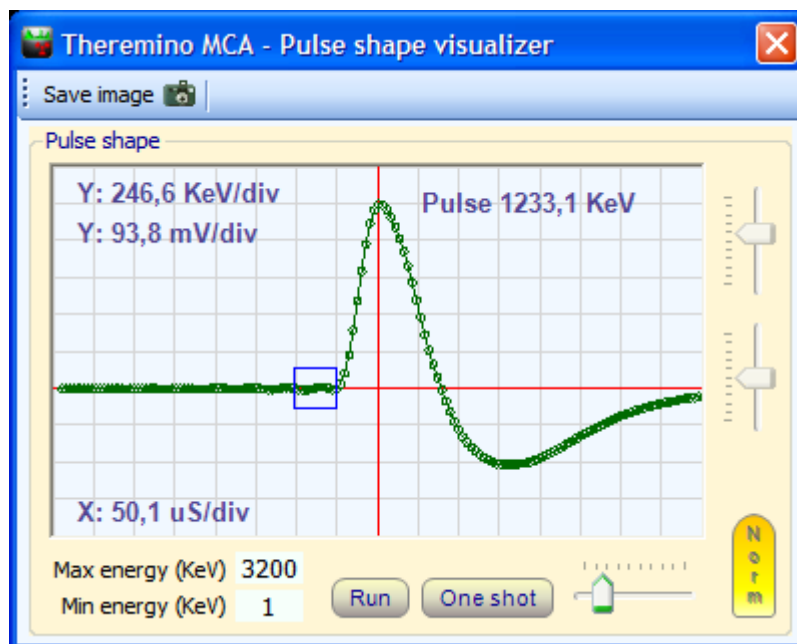
ハードウェアの正しい "ベースライン" が困難かつ高価であるため、ソフトウェアは、この補正を行うことができます良いです。

また、最良の信号フィルタは非常に安定したベースラインを生成しないと "是正命令" は常に便利です。

ゼロベースラインの電圧を測定するための最良の点は、パルスの直前の領域である。

私達の一定の年数 ("位置" によって定義される) のパルスの中心に先行する私たちの数 ("Size" で定義されている)、のすべてのサンプルの平均前 ThereminoMCA

これらの値の平均値がゼロのレベルの "最良推定値" として使用されます。



この画像では、青い四角形は、サンプリングが行われる領域を示している。

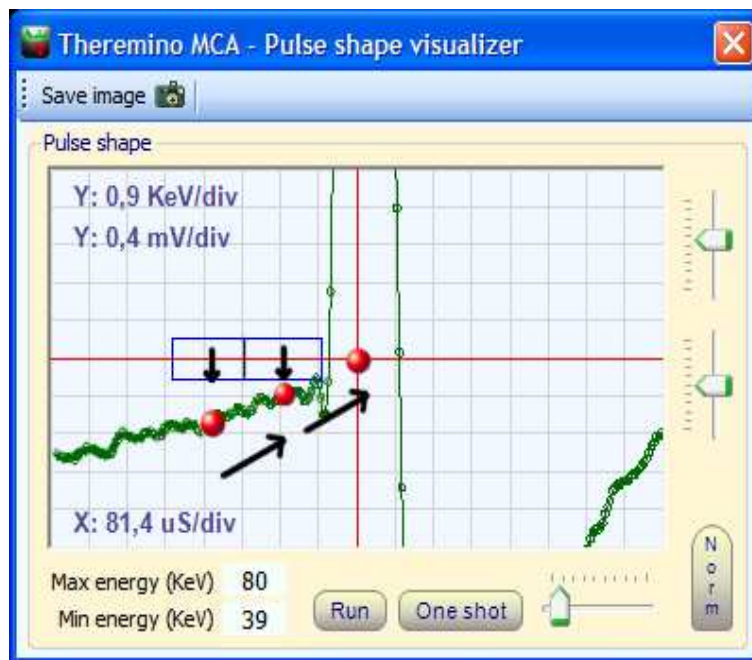
各正方形は約 50US 値があることを考慮すると、我々はサンプリングが 50US の幅とも 50US のパルスの中心からの距離に設定されていることがわかり

ベースラインテスト

インパルスの直前の領域を統合する方法が良い結果を提供しますが、改善することができます少しの欠陥を持っています。

電圧 "ベースライン" の認識精度を向上させるために、良好なノイズの平均と "リングング" を取得するように、サンプルのサイズを増やす必要がありますが、残念ながら、面積を大きくすること、その中心部へは車から離れるベースラインが水平でない場合は、パルス、これは不正確になります。

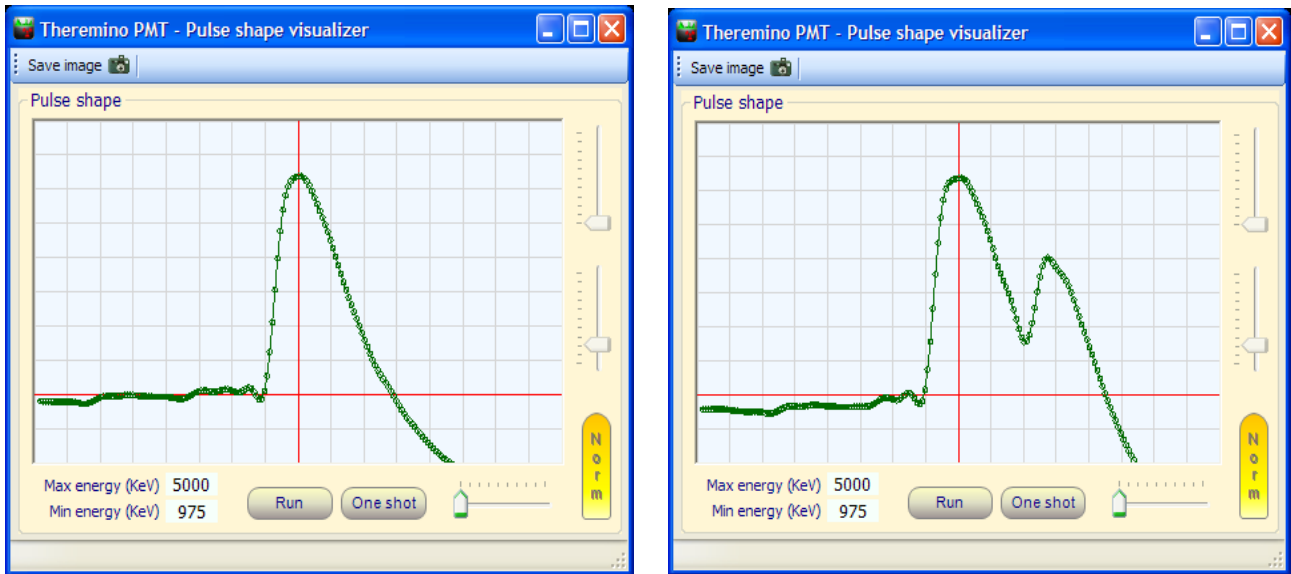
サンプルのサイズを増加させるために 2 つの別々の領域に分割し、2 つの別々の媒体を測定しています。2 つの測定値は、ベースラインの傾きを計算し、正確にゼロ・パルスの位置を修正することができます。



2 つの平均値 (左側の赤い点) を計算するために使用され
ゼロの位置 パルスの中心 (第三の赤い点) で

ThereminoMCA のバージョン 4 で実装された新しい "ベースライン・テスト" は、バージョン 3 を復元するベースラインと比較して有意な改善であり、また、あまりにも設定で "最大傾斜" と "最大ノイズ" を変形したパルスを排除するのに役立ちます

パルスが重なる (パイル)



画像 1 - "玉突き事故"なしパルス 画像 2 - "玉突き事故"によるパルス

ここでは最初のもはまだ終わっていない場合、第 2 パルスが到着する "パイルアップ" の良い例です。

第二パルスが最初に依存し、それが必要以上に高くなり、間違ったビンで終わる。

2 パルスの相対位置があってもランダムに宛先のビンであることを考えると、一定の方法でノイズの絨毯を上げる結果となる。玉突き事故が非常に頻繁である場合はノイズは、線が便利なマスキングのポイントに上昇します。

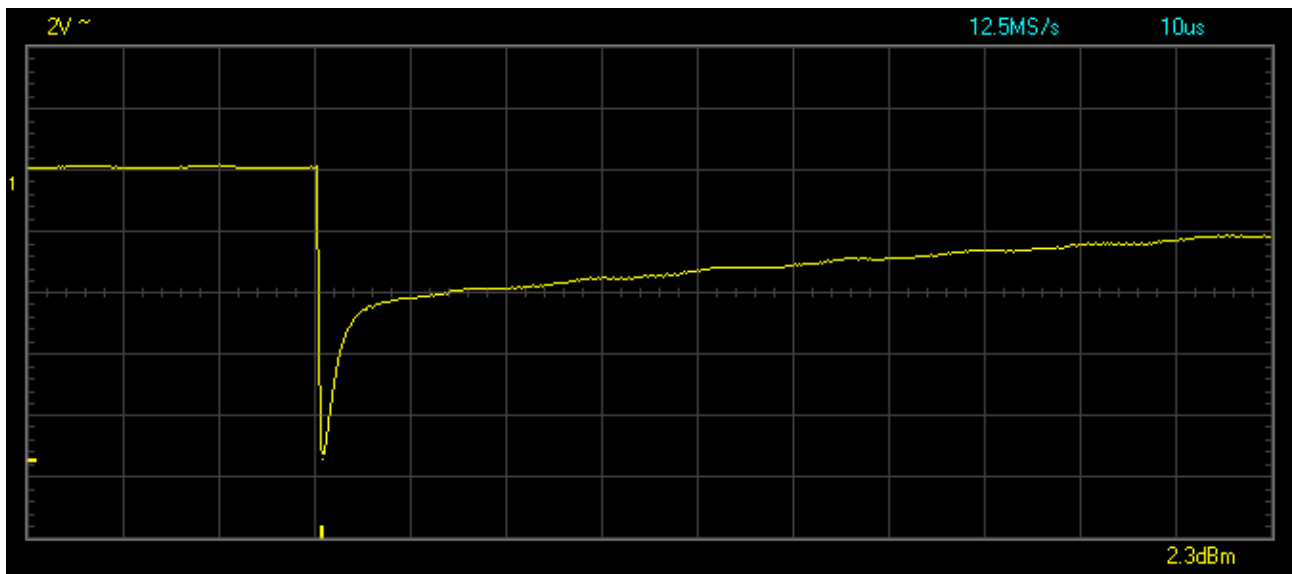
パルスの形状の認識の方法 "図形認識" (PRA によって使用される) は、両方の方法の "振る舞い" (ThereminoMCA によって使用される) の両方が、この場合にも、すでに前のページに見られるように、しかし玉突き事故に起因する欠陥を除去するために失敗する行動の方法が良いですが、ここに 2 つのメソッドの動作は、次のとおりです。

- "形状認識" は形状が間違っていることを認識し、両方のパルスを破棄します。

- ThereminoMCA は正常に最初のパルスであり、唯一の第二を破棄します。

パルスの幅

チューブの PMT から来るパルスは長方形で、非常に狭い (US 未満) が、3 についての私達を長くするための能力のほんの最小値 (シールドケーブルの例については、50 インチ) です。



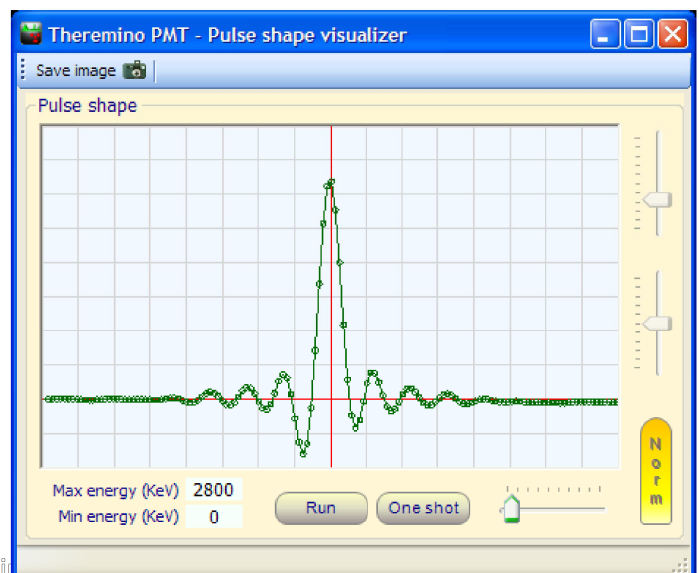
ここに私達はちょうどデカップリングコンデンサに高電圧パルスの後に測定を参照してください。パイプ上のテンションは 900 ボルトとそれは約 1MeV からだった生成された光子です。ここでは、よく見えませんが、ポイントはほぼ 10 ボルト高く、3US について主としてある。

このドライブは、サウンドカード (192 kHz サンプリングで常に 20kHz) の以上の 10 倍の帯域幅は 300 kHz 付近のエネルギーの最大値が含まれています

我々はサウンドカードと同様のパルスを送信した場合、ほぼ完全にノイズ比率へのフィルタの入力と信号により排除されるには、多くのことを低下します。

とても迅速なパルスの第 2 の効果は、サウンドカードのフィルタ "アンチエイリアシング" でかなり "リングング" の生産である。この画像は、パルスのほぼ 25% をリングングを示しています。

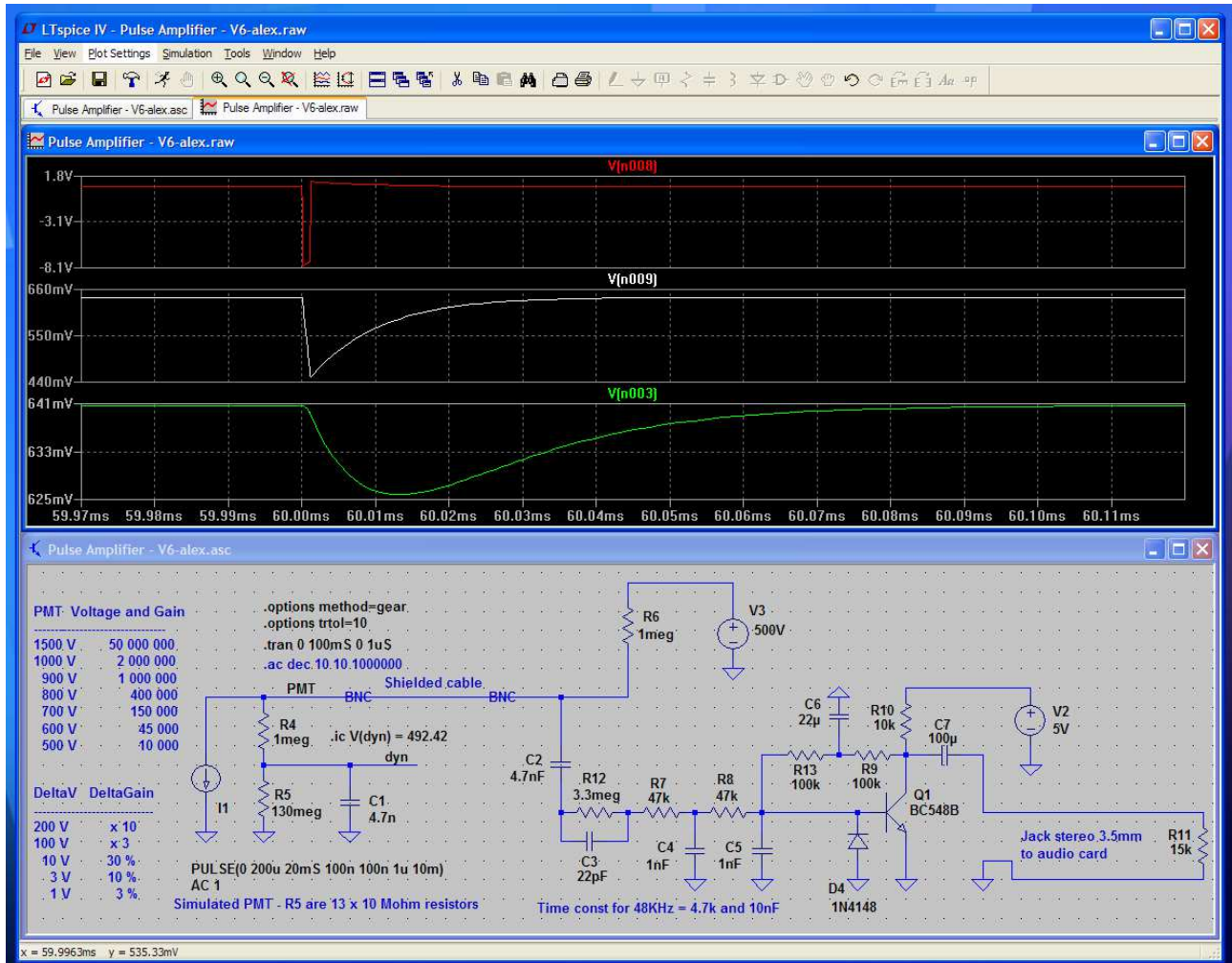
フィルターのサウンドカードは、20 または 30 kHz 以上の周波数で成分を含まず、1 ボルト程度高いことが通常の音声信号用で十分ですが、ショットは 300kHz に 10 ボルトを身に



着けているとき、彼らはボールに行く。

狭いパルスによる別の欠陥はサンプリングが先端に正確に実現しなかった場合、測定値が行の拡大、その結果、大幅に変更されますので、針の先端を持つことです。

フィルタのハードウェア・シグナル・コンディショニング



この画像の輪郭と "単なる例と PmtAdapter 最終的なパターンのための最新のバージョンと一致しない場合、ドキュメント PmtAdapter をお読みください。

このシミュレーションには、フィルタの最初のセルは丸めずに信号の先端を広げる方法を示しています。

のセルだけ2回連続することが多いの周知曲線広く統計で用いられている "ガウス" に似ているため "ガウスパルス" と呼ばれるものである丸みを帯びた先端を得る低渡す。

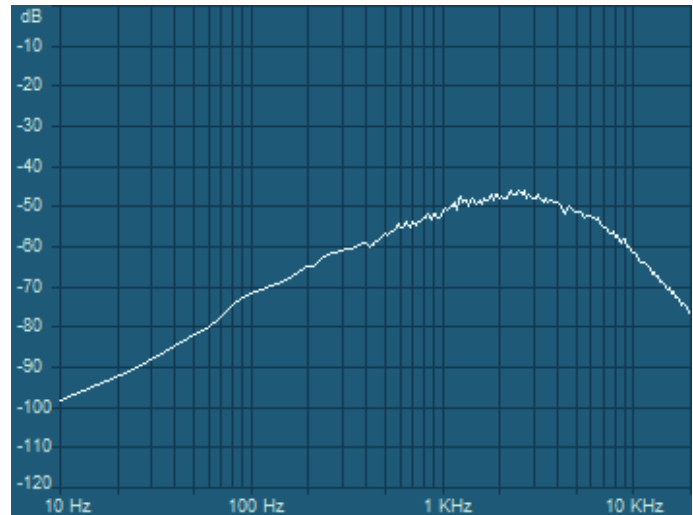
帯域幅

帯域幅の面で次のようにすべてのフィルタと 'の結果を見て :

- 3 kHz 付近の最大利得

- ので、高周波ノイズを除去する 6 kHz 以上 18 dB /オクターブの減衰は、立ち上がりが遅くなり、次に最小限にサウンドカードから発生する "リングング"を軽減します。

- 低周波ノイズを除去し、(! 35 デシベルで) すべてのハム周波数を低減 3 kHz 以下のオクターブあたり 6dB の減衰。



この画像は、さまざまな周波数でパルスエネルギーを表し、2 番目あたりのパルスを持っているセシウムのサンプルを用いて製造 (600 以上) とほとんど時間をかけて周波数応答 (パラメータ "速度" のグラフを統合するための DAA セットとされています最小)

ノイズフィーダ

光電子増倍管は、非常に低い消費電力と安定しており、わずか 1Ω から 2 細胞+ 47 nF のコンデンサを介してそれを養うために、すべてのノイズが消えます。

その後消えていない場合はこのケースでは、アルミや銅の金属スクリーンを持つ 2 つの部分を分離する必要があり、電源装置のコンポーネントとオーディオ信号の回路との間にある小容量に空気を通過。

それでも電源のノイズが消えない場合と、悪が多すぎる大衆と配置した "グラウンド・ループ"に起因することがあります。正の 5 ボルトとアースとの間に - そのような場合には、それはまた、非常に大容量の電解 (低 ESR 千 UF) を追加するために役立つことがあります。

Theremino_PmtAdapter



この電源は（とシグナルコンディショナ）、前のページのすべての問題は、リングングなしを解決し、非常に低ノイズで信号を生成する。

多くの電力は予熱の 10 分を必要とする商用、非安定化を供給異なり、Theremino PmtAdapter も温度の強い変動の存在下で、安定した電圧を維持するフィードバック回路が含まれています。このようにしてキャリブレーションは、時間をかけて正確に維持し、同位体の行は移動しませんと広げていません。