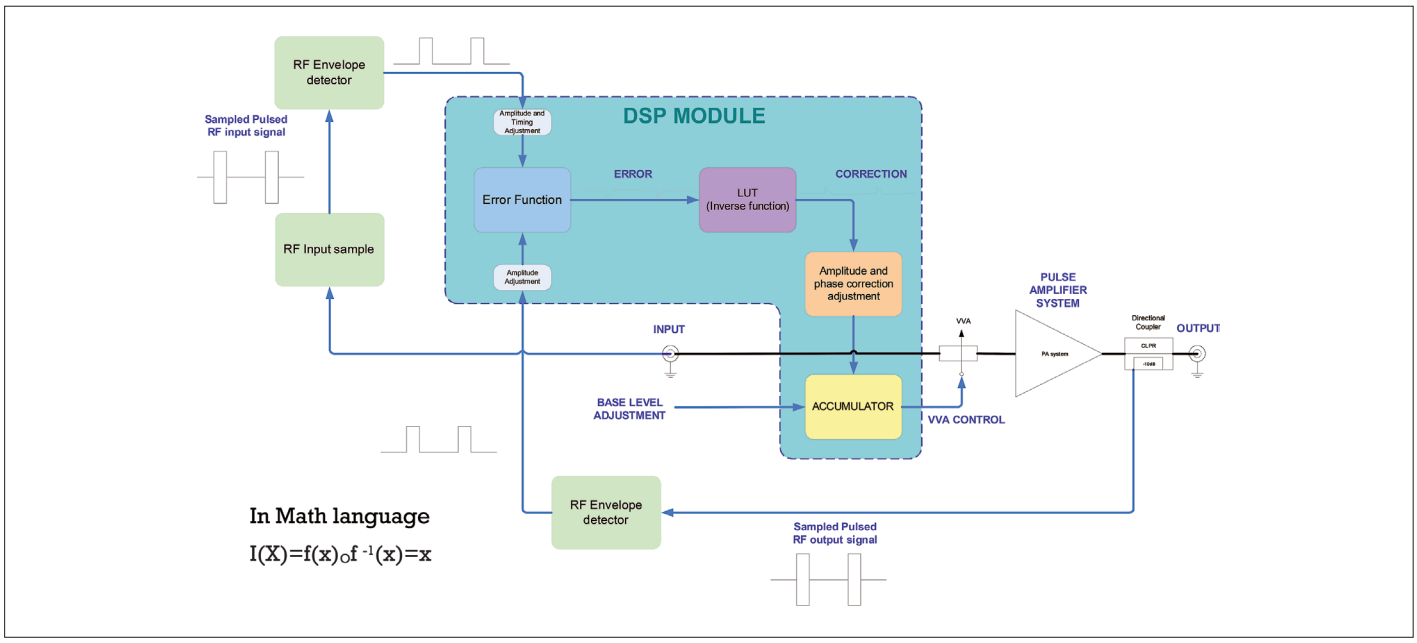
hf-praxis

Schwerpunkt in diesem Heft:
Verstärker

Innovative Pulsformung bei Sendeverstärkern

Pulsformung ist ein Versuch, durch Sendeverstärker verursachte Abweichungen in der Signalform zu beheben. Ein innovatives Konzept wird hier skizziert.



Die herkömmliche Art der Pulsformung mit dem Ziel, durch den Sendeverstärker verursachte Probleme zu beheben, wird leider durch eine Kombination von unvollkommenen Methoden erreicht; die meisten agieren außerhalb des Verstärkers. In diesem Beitrag präsentieren wir einen neuen Ansatz, der die Form des Eingangssignals der Pulssignalform anpasst unter Berücksichtigung von Leistungsbereich, Überschwingen, Klingeln, Anstiegs- und Abfallzeiten.

Zukunftsweisende Technologie

Die Pulsformung ist eine zukunftsweisende Technologie, die man bei Empower RF Systems in bestehende Hochleistungsverstärker-Architekturen implementiert. Dieser nächste Funktionssatz für interoperablen Multimode-SSPAs (Solid State Power Amplifiers) ist von besonderer Bedeutung für Anwendungen der elektronischen Kriegsführung.

Hochleistungsverstärker sind nicht in der Lage, das Eingangssignal ohne Verzerrungen zu verarbeiten. Aufgrund des Einschwingverhaltens des Verstärkers „überschießt“ der Ausgang, schwingt und fällt ab, wodurch unerwünschte nieder- und hochfrequente Komponenten in anderen Teilen des Spektrums auftreten.

Diesen Ansatz als „Pulsformung“ zu bezeichnen, ist etwas falsch. Der Begriff „Pulsformung“ bezieht sich normalerweise auf Ansätze, die die Eingangsimpulse formen, um die Form des Pulses am Verstärkerausgang zu beeinflussen. Die Verwendung einer pseudozufälligen Gaußschen Form für das HF-Eingangssignal ist eine solche Methode, die die Anstiegs- und Abfallzeit des HF-Eingangsimpulses verlängern.

Der Nachteil der Gaußschen Formung sind diese langen Anstiegs- und Abfallzeiten, die die Einschaltdauer erhöhen. Ein besseres Konzept ist eine Demonstration eines Verstärkers, der den Fehler der Ausgangswellenform berechnet und in einer Nachschlagetabelle gespeichert hat, die dann in Echtzeit auf die Eingangs-HF-Wellenform angewendet wird. Mit anderen Worten, die Probleme des Verstärkers werden innerhalb des Verstärkers gelöst und nicht extern durch den Systementwickler. In diesem Sinne ist diese Fähigkeit besser als „Pulsformanpassung“ zu beschreiben.

In der Aufmachergrafik sind die Funktionsblöcke für die Implementierung der Pulsformanpas-

Quelle:
George Bollendorf:
What is Pulse Shaping?

Empower RF Systems
pulsematching@empowerrf.com
www.empowerrf.com
übersetzt von FS

Was ist Pulsformung?

„Die Pulsformung (Pulse Shaping) ist ein Verfahren in der Nachrichtentechnik, bei dem die Impulsantwort der für eine Übertragung benutzten Symbole an den Kanal angepasst wird. Die Pulsformung wird mit Pulsformungsfiltern realisiert. Dabei kann es sich beispielsweise um analoge Filterschaltungen handeln oder aber auch um digitale Filter, mit denen nahezu beliebige Impulsantworten geformt werden können. Bei der Auswahl des Filters für einen gegebenen Kanal versucht man typischerweise, einen Kompromiss zwischen Übertragungsrate und der dazu benötigten Bandbreite zu finden. Praktisch erstrebenswert ist es folglich, ein Filter (d.h. eine Impulsantwort) zu finden, mit der bei gegebenem Kanal die größte Übertragungsrate erzielt werden kann. Man erreicht das, indem der Filter die wertdiskrete Symbolfolge des Senders in ein Signal mit möglichst geringem Symbolübersprechen umformt. Der Grund für das Symbolübersprechen ist eine nicht ideale Synchronisation sowie der Wechsel zwischen den Symbolen. Sobald das Signal bandbegrenzt ist, ergibt sich ein unendliches Zeitsignal und umgekehrt.“ (Wikipedia)

sung dargestellt. Die verwendete Technologie basiert auf der Zusammensetzung einer Funktion mit ihrer Umkehrung I (Identitätsfunktion). Mit anderen Worten: Verwendet werden digitale Signalverarbeitungstechniken, um die Umkehrung der Fehlerfunktion auf das verzerrte Signal zu addieren unter Zuhilfenahme des originalen Eingangssignals.

Kurze Reise durch Scans

Im rechten Bild sieht man das Problem und die Ausgangsbedingungen für die Pulsformung. Der gelbe Impuls ist der Eingangs-HF-Impuls, der Impuls am Verstärkerausgang, seine nichtlineare Antwort ist in Blau dargestellt. Die orangefarbene Spur ist der Fehler zwischen dem gelben und dem blauen Signal einschließlich der Steigung der ansteigenden Flanke (nicht maßstabsgerecht). Die grüne Kurve ist der akkumulierte, angewandte inverse Fehler.

Im mittleren Scan sehen wir den Beginn der Funktion zur Anpassung der Impulsform. In diesem Fall ist der Fehler anfangs groß, sodass er bei seiner Anwendung zur nächsten Fehlermessung akkumuliert werden muss (grüne Kurve). Entsprechend kann man sehen, dass die Fehlerfunktion im aktuellen Zustand jetzt kleiner ist.

Beim nächsten Zyklus (rechtes Bild) ist wieder der verbleibende Fehler zu erkennen. Der Ausgangsimpuls stimmt nun praktisch mit dem Eingangsimpuls überein. Der akkumulierte angewandte Fehler ist größer (grün) und der aktuelle Zustandsfehler ist kleiner (orange). Die Schleife läuft kontinuierlich und passt sich dabei an alle aktuellen Bedingungen in der Fehlerfunktion an.

Auf den Punkt gebracht

Durch den Einsatz einer digitalen Rückkopplungsschleife innerhalb der HF-Kette können die Verstärkerprobleme dort behoben werden, wo sie auftreten, nämlich im Verstärker selbst, wodurch die Notwendigkeit einer externen Impulsverarbeitung entfällt mit dem zusätzlichen Vorteil niedriger Gesamtkosten des Systems. Ein erwähnenswerter Vorteil ergibt sich bei EW-Bedrohungssimulationen, bei denen diese Impulsduplizierfähigkeit den Verstärker in die Lage versetzt, aufgezeichnete oder live gesendete gegnerische Signale mit hoher Wiedergabetreue zu verarbeiten. ◄