

Bild: Tektronix - Craig Wagner Studio, LLC.

Oszilloskop: Jitter auf seriellen Datenleitungen aufspüren und die Stromversorgung analysieren. Messtechniker nutzen dazu spezielle Funktionen auf ihrem Oszilloskop.

STROMVERSORGUNGEN UNTERSUCHEN

Oszilloskop spürt Jitter auf und analysiert die Leistung

Zuerst den Jitter und anschließend die Leistung einer Stromversorgung analysieren. Beide spielen im Zeit- und Frequenzbereich eine entscheidende Rolle. Worauf Entwickler einen Blick haben sollten.



Bild: Tektronix

VERFASST VON
Lee Morgan
Senior EMEA Technical
Marketing Manager
Tektronix

Die Jitter-Analyse einer Stromversorgung führt oft direkt zur Fehlerursache, aber wenn das nicht der Fall ist, dann hilft schließlich die Leistungsanalyse. Jitter und Leistung werden sowohl im Zeit- als auch im Frequenzbereich analysiert. Der Vergleich von periodischen Jitter im Zeitintervallfehler- (Time-Interval-Error-) Spektrum mit Ausschlägen im Power-Ripple-Spektrum ist

eine schnelle und genaue Methode, um Signalintegritätsprobleme zu erkennen. Sie werden durch das PDN (Power Distribution Network) verursacht.

Jitter wird relativ zum Systemtakt gemessen. Verwenden Systeme eine eingebettete Taktung, bei der der Takt aus Datenübergängen zurückgewonnen wird, sinkt der niederfrequente Jitter. Doch sie müssen mit einem Oszil-

loskop analysiert werden. Es sollte in der Lage sein, das genaue Taktrückgewinnungsschema zu emulieren.

Fehler entstehen durch Signal- und Leistungsintegrität

Digitale Fehler werden durch Jitter und Rauschen verursacht. Rauschen ist ein allgemeiner Begriff für Schwankungen der Signalamplitude. Jitter ist die zeitliche Abweichung der Bitübergänge vom Datentakt, der so genannte Zeitintervallfehler, der sowohl durch Phasenrauschen als auch durch die Umwandlung von Amplitudenrauschen in Jitter verursacht wird. Die Umwandlung von Rauschen in Jitter führt zu Problemen durch Übersprechen, EMI (elektromagnetische Interferenz) und Zufallsrauschen.

Die Analyse der Signalintegrität konzentriert sich auf die Leistung des Senders, des Referenztaktes, des Kanals und des Empfängers in Bezug auf die Bitfehlerrate (BER). Im Gegensatz dazu konzentriert sich die Leistungsintegrität auf die Eigenschaft des PDN (Stromverteilungsnetz), für die Stromschienen eine konstante Spannung und Rückleitungen mit niedriger Impedanz bereitzustellen. Signal- und Leistungsintegrität sind voneinander abhängig. Das PDN verursacht Rauschen und Jitter. Sowohl das Schaltungsdesign als auch die Komponenten wie Chipgehäuse, Pins, Leiterbahnen, Durchkontaktierungen oder Steckverbinder beeinflussen die Impedanz und damit die Qualität der Stromversorgung.

Konstante Spannung und ausreichende Stromversorgung

Die Aufgabe des PDN besteht darin, eine konstante Spannung und eine ausreichende Stromversorgung für alle aktiven Komponenten aufrechtzuerhalten. Das wirkt sich auf die Leistung aller aktiven und passiven Komponenten aus. Ein PDN umfasst das gesamte System. Das sind nicht nur das Spannungsreglermodul und die chip-interne

Stromverteilung, sondern alle Verbindungen, Leiterbahnen, Durchkontaktierungen, Stecker, Kondensatoren, Gehäuse, Stifte und Kugelgitter. Die Leistung hängt von den Eigenschaften des SerDes (Serialisierer/Deserialisierer) ab sowie der effektiven Serienimpedanz des Gesamtsystems: ESR, ESC und ESL (effektiver Serienwiderstand, Kapazität und Induktivität).

Das Rauschen auf der Stromschiene wird oft als Restwelligkeit bezeichnet. Es beträgt in der Regel einige Millivolt. Genaue Messungen des Rauschens bei wenigen Millivolt bei Frequenzen im Gigahertz-Bereich erfordern Tastköpfe mit hoher Bandbreite und hoher DC-Impedanz. Sie müssen bei hohen Frequenzen wie 50-Ohm-Übertragungsleitungen wirken. Power-Rail-Tastköpfe sind speziell für diesen Zweck entwickelt. Die Leistungsanalyse kann mit den optionalen Analysepaketen für mehrere Leistungsschienen automatisiert werden, die wichtige Jitter-Messungen wie TIE, RJ (random), DJ (deterministisch), PJ (periodisch) enthalten.

Schaltnetzteile regeln die Spannung zwischen der Stromschiene und der Rückleitung (Masse) durch ständiges Ein- und Ausschalten mit geringer Verlustleistung. Eine konstante Spannung wird durch Variation des Tastverhältnisses erreicht. Durch die Vermeidung von Zuständen mit hoher Verlustleistung wird wesentlich weniger Energie verschwendet als bei linearen Stromversorgungen. Leider kann das Muster der Ein- und Ausschaltimpulsbreiten, das die Schaltelemente ansteuert, Schaltgeräusche erzeugen und PJ verursachen.

Zufälliges Rauschen und zufälliger Jitter in der Stromversorgung

Das Schalten erfolgt bei festen Frequenzen, die auf dem VRM-Datenblatt angegeben sein sollten. Wenn sowohl das Ripple-Spektrum (oben links in Bild 2) als auch das TIE-Spektrum (direkt darunter) bei den Schaltfrequenzen Ausschläge zeigen, ist die Quelle bekannt und Entwickler können mit der Konstruktion beginnen. Das TIE-Histo-

EP-TIPP

Die Jitter-Welt: Der Gesamt-Jitter unterteilt sich in zufällige und deterministische Komponenten, die entweder unbegrenzt oder begrenzt sind. Der deterministische Jitter (Dj) kann weiter in zwei Bereiche unterteilt werden: Korreliert mit dem Datenmuster und unkorreliert mit dem Datenmuster. Jitter, der begrenzt und mit den Daten korreliert ist, wird als datenabhängiger Jitter (DDJ) bezeichnet. Alle begrenzten und unkorrelierten Jitter werden als "BUJ" bezeichnet, einschließlich des periodischen Jitters (PJ). Datenabhängiger Jitter und periodischer Jitter sind eine Untergruppe des deterministischen Jitters.

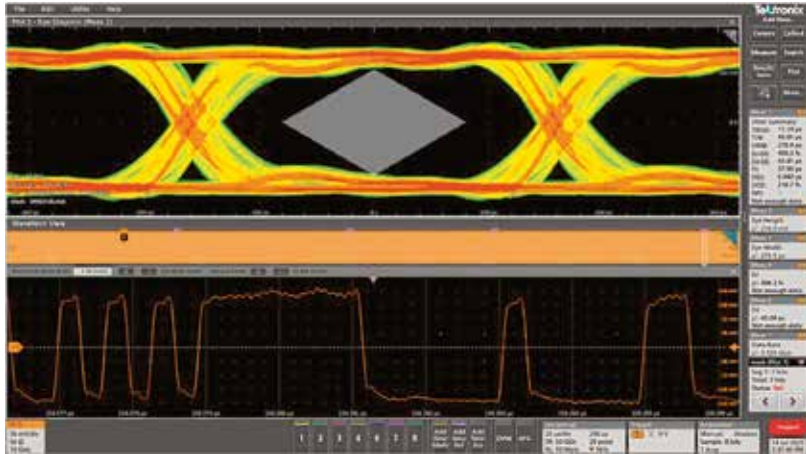


Bild 1: Das Augendiagramm mit Maskentest (oben) und die entsprechende Wellenform (unten).

Bild: Tektronix

gramm rechts neben dem TIE-Spektrum zeigt die typische sinusförmige Jitterverteilung (Hufeisen), PJ bei einer Frequenz. Stromversorgungen können zufälliges Rauschen verursachen, das zum zufälligen Jitter beiträgt. Das zufällige Rauschen der Stromschiene ist in Bild 2 oben links als Grundrauschen des Spektrums dargestellt. RJ wird aus dem Hintergrundrauschen des TIE-Spektrums berechnet. In diesem Beispiel ist das zufällige Rauschen aufgrund der Leistungswelligkeit sehr gering und RJ ist mit etwa 0,84 ps sehr klein.

Bei logischen Übergängen nehmen Sender und Empfänger Strom aus dem PDN auf oder leiten ihn ab. Wenn mehrere Signale gleichzeitig zwischen den Ebenen wechseln, können sie erhebliche Ladungen auf die Stromschiene und/oder die Masseebene auf- oder abladen. Die kurzzeitige Erhöhung der Ladungsdichte verändert die Spannung der eigentlich gemeinsamen Masse auf dem Leiter. Die daraus resultierende Spannungsschwankung wird als „Ground Bounce“ oder auch als „Simultaneous Switching Noise“ (SSN) bezeichnet.

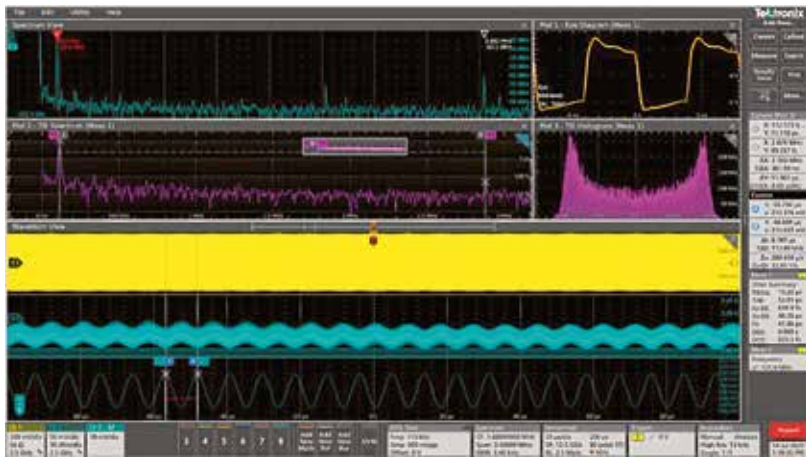


Bild 2: Welligkeit der Stromschiene in der Spektrumsansicht oben links und TIE-Spektrum direkt darunter, zusammen mit den Signal- und Leistungsschienen-Wellenformen und dem TIE-Histogramm.

Bild: Tektronix

Simultanes Schaltrauschen im Zeit- und Frequenzbereich

Bevor es weitergeht, müssen einige Dinge geklärt werden. Erstens bezieht sich *Masse* auf die gewünschte gemeinsame Bezugsspannung des Rückstrompfades, die normalerweise als 0 V definiert ist. Zweitens bedeutet *gleichzeitig*, dass die Komponenten während des Zeitintervalls, in dem sich ihre Anstiegs-/Abfallzeiten überlappen, Ladung erzeugen oder ableiten. Simultanes Schaltrauschen (SSN) erscheint im Zeitbereich zufällig, nicht jedoch im Frequenzbereich.

Datensignale bestehen aus vielen Frequenzkomponenten - der Grund- oder Nyquistfrequenz und möglicherweise bis zu zwei höheren Harmonischen sowie den Subharmonischen aufeinanderfolgender identischer Bits. Bei jeder dieser Frequenzen kann gleichzeitiges Schalten auftreten. SSN ist daher ein periodisches Rauschen mit vielen Schwankungen geringer Amplitude, die PJ verursachen können. Um zu bestätigen, dass PJ durch SSN verursacht wird, vergleichen Sie das Stromschienenspektrum (oben links in Bild 3) mit dem TIE-Spektrum (direkt darunter). Die hohe Amplitudenspitze, die in beiden Spektren bei der gleichen Frequenz auftritt, weist auf einen großen Beitrag von SSN zum PJ hin.

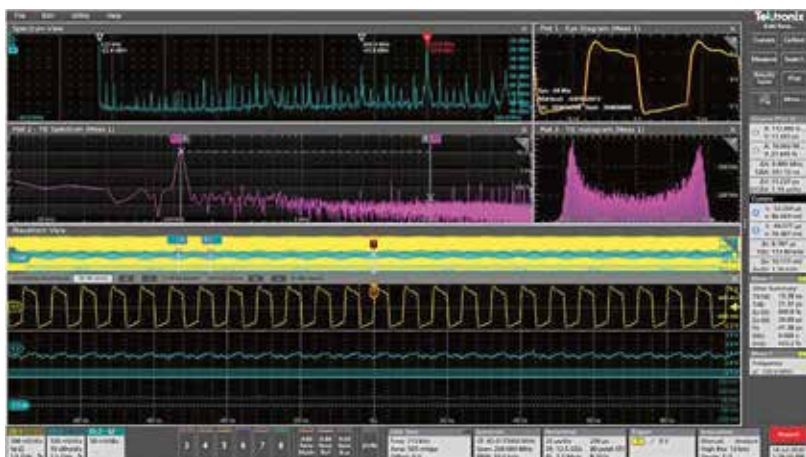


Bild 3: Das Welligkeitsspektrum der Stromschiene und das TIE/Jitter-Spektrum.

Bild: Tektronix

Jede aktive Komponenten verändert die Spannungen

Signalintegrität und Stromversorgungsintegrität bilden eine Rückkopplungsschleife. Jedes Element des Netzwerks, jede Leiterbahn, jeder Übergang, jeder Steckverbinder, jeder Pin oder jedes Gehäuse hat einen Einfluss auf die Impedanz des PDN und auf die Impedanz jedes Kanals. Jede aktive Komponente kann die Spannungen auf den Stromschienen und den Masseflächen verändern. Das Augendiagramm auf einem Oszilloskop sagt viel über die Signalintegrität aus. Allerdings hilft es nur selten, spezifische Probleme zu identifizieren, während die Kombination von Jitter- und Leistungsanalyse ansonsten komplexe Probleme isolieren kann. Signalintegrität und Stromversorgungsintegrität werden oft als getrennte Disziplinen betrachtet. Es hat sich aber gezeigt, dass die Diagnose von Problemen im Zusammenhang mit hohem Jitter ein Verständnis beider Aspekte erfordert. (heh)