



Analoga särdrag avslöjar digitala fel

En strategi för god signalintegritet behövs

I en värld där frekvens och komplexitet i digitala konstruktioner ständigt ökar kan en mängd variabler påverka signalintegriteten, såsom signalväg, impedans och last, effekter från transmissionsledningen, men också effektfördelningen på och utanför kretskortet.

Låt oss först studera problem orsakade av digital timing. En ingenjör som utvecklar en digital systemkonstruktion stöter sannolikt på signalintegritetsproblem i sin digitala form – binära signaler på bussen eller enheter vars utgångar ger fel värden.

Felen kan dyka upp vid en timingmätning, när signalen presenteras på en logikanalysator (ex Tektronix TLA-serien). Men de kan också dyka upp på tillstånds- eller protokollnivå. Det krävs bara en felaktig bit för att drastiskt påverka resultatet av en instruktion eller transaktion. Avvikelse i den digitala signalen kan bero på många saker.

BUS CONTENTION – uppstår när två drivenheter samtidigt försöker använda en databuss. Normalt ska en av dem gå till ett läge med hög impedans för att inte hindra den andra medan den skickar data. Om detta inte sker snabbt nog kommer båda att



Av Dean Miles, Tektronix

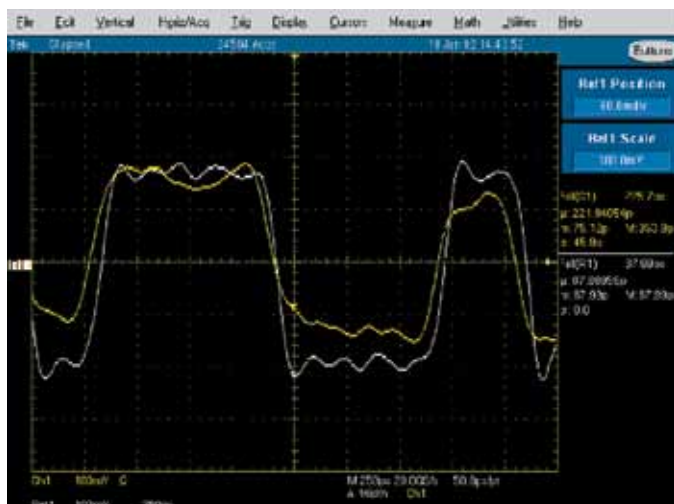
Dean Miles är teknisk marknadschef på Tektronix med ansvar för företagets högpresterande produktportfölj. Under sina dryga 20 år på företaget har han hunnit med flera befattningar, däribland Global Business Development Manager för RF-teknik samt teknisk marknadschef och affärsutvecklingschef inom EMEA med ansvar för Tektronix optiska affärsenheten.

kämpa om databussen, vilket tvingar databussen till en obestämd amplitud. Därmed kan exempelvis logiskt "0" skapas när det skulle vara "1".

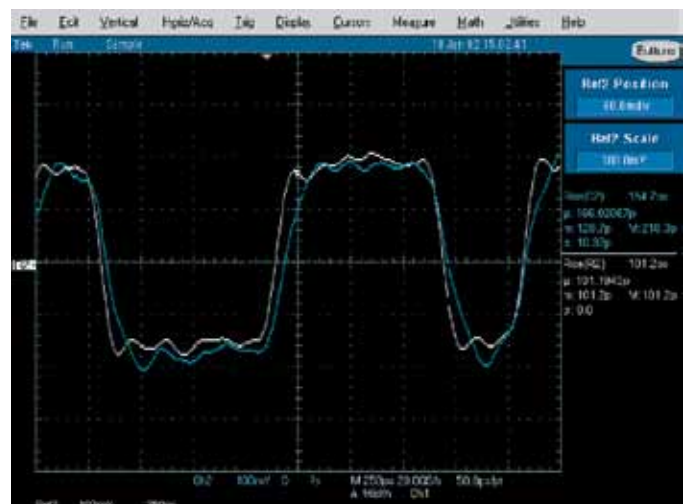
METASTABILITY – är ett obestämt eller instabilt datatillstånd som beror på ett timingfel, exempelvis ett setup- och holdproblem. Som resultat kan utsignalen blir försenad eller uppnå en förbjuden utnivå, såsom en runt-puls (puls som inte når full amplitud), glitch eller fel logisk nivå.

UNDEFINED CONDITIONS – kan uppstå när switchningen av flera ingångar hos en logisk enhet inte är korrekt anpassad i tiden. Detta kan orsakas av variationer eller fel i signalens fördröjning.

INTER-SYMBOL INTERFERENCE (ISI) – är när en symbol stör efterföljande symboler och skapar förvrängning av signalen. Störningen orsakas av jitter och brus på grund av högfrekventa förluster och reflektioner. Logikanalysatorer kan användas för att samla in och analysera digitala signaler i många format. Dagens avancerade logikanalysatorer kan ta data från tusentals testpunkter samtidigt för att sedan visa strömmade digitala pulser och deras placering i tiden i förhållande till varandra. Med en konventionell logikanalysator kan amplitudfel och glitcher upplevas som giltiga logiska nivåer även om de innehåller fel data. Det kan gå att se som ett felaktigt värde i hexadecimalkod, men skärmen kommer inte att visa varför felet uppstår. Det kan vara väl-



Amplitudproblem inkluderar ringning (oscillation), pulser med låg amplitud i början (droop) och pulser som inte når full amplitud (runt-pulser).



Kantavvikelse kan orsakas av problem med kretskortslayouten, felaktig terminering eller helt enkelt kvalitetsproblem hos halvledarna. Avvikelse kan inkludera pre- och overshoot, avrundning, ringning och långsam stigtid.



En komplett uppställning för mätning av signalintegritet kan bestå av ett oscilloskop, logikanalysator, realtidspektrumanalysator, tidsdomänsreflektometer, signalgenerator, prober och analysprogram.

dig svårt att hitta orsaken till ett logiskt fel om det inte finns något sätt att ytterligare undersöka signalens beteende.

SETUP AND HOLD VIOLATIONS – är problem som ökar i och med att digitala system blir allt snabbare. En klockad enhet, som en D-vippa (setup & hold), kräver att data är stabilt vid ingången en viss tid innan klockning, kallat setup-tid. På samma sätt måste indata vara giltigt under en viss tid efter klockans framkant passerat, kallat hold-tid. Brott mot setup- och/eller hold-krav kan leda till glitches på utgången eller att det inte blir någon överföring alls. Setup- och hold-tider minskar i takt med att kretsarnas hastighet ökar, vilket gör tidsförhållanden svårare att felsöka.

Vid klockfrekvenser på hundratals megahertz och däröver är det viktigt att minimera problem med signalintegritet i varje konstruktionsdetalj. Detta gäller vid fördel-

ning av klocka, utformning av signalväg, brusmarginal, impedans och last, transmissionseffekter, returström i signalväg, terminering, avkoppling och kraftdistribution.

LÅT OSS NU BETRakta hur man isolerar analoga avvikelser (Isolating Analogue Deviation). Digitala problem är ofta mycket lättare att sätta fingret på om man kan se signalens analoga presentation. För även om ett problem kan framträda som en felaktig digital puls, är det ofta orsakat av signalens analoga egenskaper. Dessa kan bli till digitala fel om signaler med låga amplituder antar felaktigt logiskt tillstånd eller när långsamma stigtider orsakar att pulser flyttar i tid.

Det första steget i att spåra den här typen av problem är att samtidigt studera en digital pulsström och en analog bild av samma pulser. Oscilloskop används ofta för detta. De kan visa detaljer i vågformen,

kanter och brus, och de kan detektera och visa transienter.

Har man bara ett fåtal digitala ledningar kan ett blandsignaloscilloskop (tex Tektronix MSO70000) användas för att samtidigt sköta de digitala och analoga mätningarna. Med instrumentets analoga och digitala kanaler kan ett flertal punkter i en konstruktion studeras samtidigt. Därmed kan konstruktören se vad som sker på systemnivå samtidigt som konstruktionen felsöks. Att känna till när händelser inträffar kan vara värdefullt vid felsökning av digitala system.

VISSA KRAFTFULLARE blandsignaloscilloskop (MSO) erbjuder avancerade triggmöjligheter, där digitala kanaler kan användas för att kvalificera analoga triggars. Instrumentet tittar efter digitala mönster först efter det att den analoga triggern aktiverats, varvid enbart viktiga signalförändringar fångas in.

Vid högfrekventa signaler kan även probar med låg kapacitans lasta ner signalen och därmed påverka mätningen. Avancerade MSO:er erbjuder analog multiplexering. Det betyder att konstruktören samtidigt kan studera den analoga och digitala vyn med hjälp av enbart en ansluten logikprober, vilket minimerar lasten.

Ett blandsignaloscilloskop kombinerar funktionaliteten hos ett oscilloskop och en logikanalysator. Således är det ett kraftfullt verktyg vid felsökning kring signalintegritet.

SKA MAN VÄLJA ett oscilloskop som är lämpat för mätning av signalintegritet finns det många viktiga egenskaper att beakta, såsom bandbredd, stigtid, samplingshastighet, hur snabbt vågformen kan fångas, inspelningslängd och triggmöjligheter.

Många moderna digitala oscilloskop kan hantera komplex klockåtervinning, trigging och skalning, för att därefter utföra kvantitativa mätningar. Som standard erbjuder de, med endast en knapptryckning, mätningar som generar ögonogram, som gör att man kan iaktta signalintegriteten på en klockad buss. Det är ett obligatorisk testverktyg, särskilt för seriebussar, men alla signalledningar kan betraktas med hjälp av ögonogram.

Ett ögonogram byggs upp genom att flera successiva svep läggs ovanpå varandra. Således visar det alla möjliga positiva och negativa flanker och båda datatillstånd i ett enda fönster.

MERCURY SYSTEMS™

- Noise Sources
- Control Components
- Noise Test Solutions
- Amplifiers



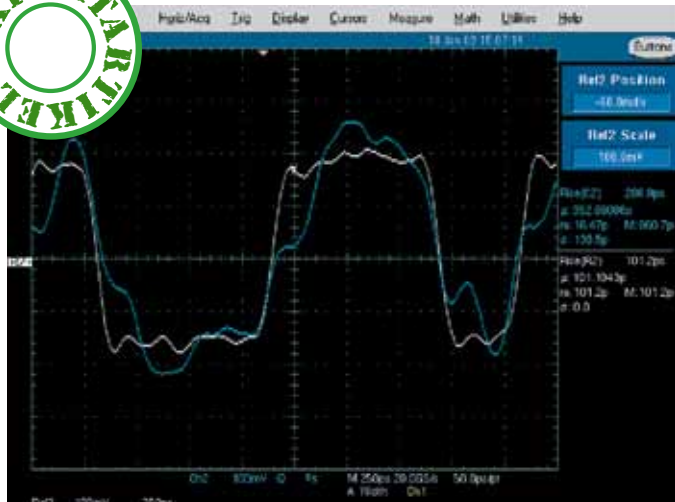
COMPOMILL
Nordic Components ((()))

Stockholm

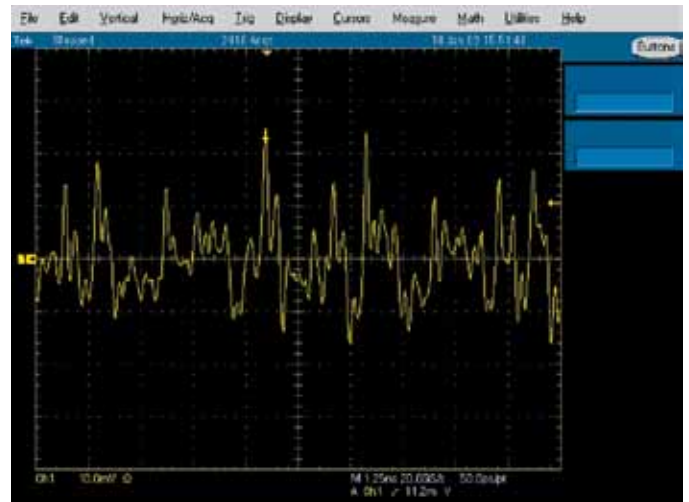
Phone: +46 (0)8 594 111 50

www.compomill.com





Reflektion kan orsakas av problem med terminering eller krets-korts-layout, där den utgående signalen studsar tillbaka och stör efterföljande pulser.



Överhörning (crosstalk) kan uppstå när långa parallella ledningar kopplar sina signaler tillsammans genom ömsesidig kapacitans och induktans.

Idealt skulle alla svep passa perfekt på varandra, men i verkligheten blir den ackumulerade bilden oskarp. Jitter orsakar en horisontell oskärpa, medan brus orsakar en vertikal oskärpa.

ETT ÖGONDIAGRAM kan användas för att snabbt bedöma en signals tillstånd eftersom det presenterar alla möjliga logiska övergångar i en vy. Det kan avslöja analoga problem som långsamma stigtider, intersymbolinterferens (ISI) och dämpningsnivåer. En del ingenjörer startar sin utvärdering med att titta på ögondiagram, därefter spårar de eventuella avvikelser.

Med hjälp av programpaket blir det lättare att göra jitteranalys och felsökning. Några sådana paketexempel är:

- DPOJET Jitter & Timing Analysis for Tektronix Real-Time DPO/MSO 70K Series Oscilloscopes

- 8oSJNB Jitter, Noise, and Timing Analysis for Sampling Oscilloscopes
- JMAP Jitter Mapping and Decomposition Analysis for BERTScope BSA Series

I VISSA FALL kan det krävas ett mätverktyg med förbättrad upplösning i frekvens för att man ska kunna se subtila frekvenshändelser, som exempelvis drift i klockfasen, mekanisk vibration (microphonics) och PLL-insvängning. Vanliga mätuppgifter inkluderar:

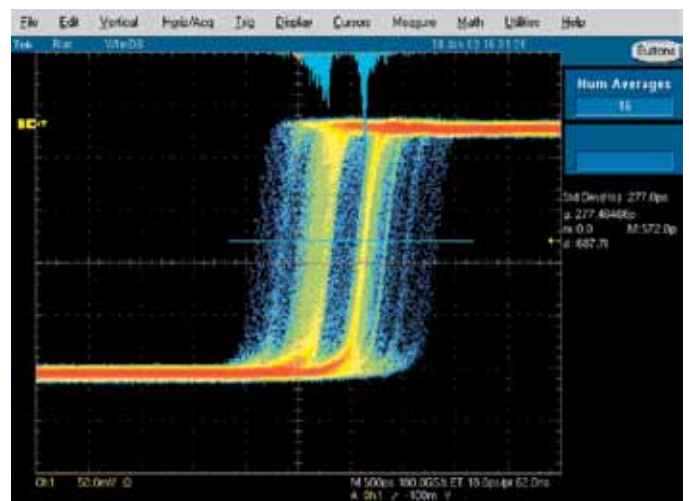
- Hitta signaler maskerade i brus
- Hitta tonala klocksignaler maskerade i spread spectrum-signalerna
- Hitta och analysera transienter och dynamiska signaler
- Fånga burst, glitch och transienter
- Karakterisera PLL-inställningstid, frekvensdrift och microphonics
- Frekvensstegade klocksignaler

- Testa och diagnostisera EMI-effekter
- Karakterisera tidsvariationer i modulations-scheman
- Isolera växelverkan mellan mjuk- och hårdvara

TRADITIONELLA svepta spektrumanalysatorer (SA) och vektorsignalanalysatorer (VSA) ger ögonblicksbilder av signalen i frekvensdomänen eller i modulationsdomänen. Men ofta ger inte detta tillräcklig information för att beskriva den dynamiska karaktären i moderna signaler. Realtidsanalysatorer (t.ex. Tektronix RSA5000-serien) kan hantera några av dessa brister genom att visa 400 000 svep per sekund och därmed fånga transienter ner till 2–3 μ s. Genom komplex trigging och att visa signalen i flera domäner, kan transienta signaler som påverkar signalintegriteten identifieras och isoleras. ■



Jordstuds orsakad av överdriven strömförbrukning (och/eller motstånd i strömförsörjningen och jordslingan) kan ge upphov till att jordreferensen hos en krets ändras när strömkraven är höga.



Jitter definieras som variationen i hur kanter placeras från klockcykel till klockcykel. Några viktiga orsaker till jitter är brus, crosstalk och instabil timing. Detta kan påverka noggrannheten i taiming samt systemets synkronisering.