

# ELEKTRONIK TIDNINGEN

En synpunkt inifrån:

## Snabba seriella bussar kräver parametrisk simulering



Avancerad numerisk simulering tillsammans med effektiva beräkningar gör det möjligt att simulera kompletta produkter och att fullständigt undersöka parameterrummet.



**Larry Williams,**  
Director of Product  
Management, Ansys.



**Guy Barnes,**  
Senior Application  
Engineer Ansys.

**Redaktör**  
Jan Tångring  
jan@etn.se  
0734-17 13 09

**EMBEDDED**  
EXPERT



# Snabba seriella bussar kräver parametrisk simulering

I elektronikbranschen användes ofta numerisk simulering för att undersöka egenskaperna hos en produkt. Simuleringen bidrar till en förståelse av komponenter och system som tester i laboratorier inte kan leverera – i vissa fall är det inte ens möjligt att göra fysiska tester. Däremot är det möjligt att simulera ett helt system i ett tidigt skede för att identifiera potentiella problem långt innan designen är låst. Moderna simuleringsmetoder utnyttjar avancerad datorhårdvara och nya numeriska metoder.

Av Guy Barnes och Larry Williams, Ansys



**Larry Williams, Director of Product Management, Ansys.**



**Guy Barnes, Senior Application Engineer Ansys.**

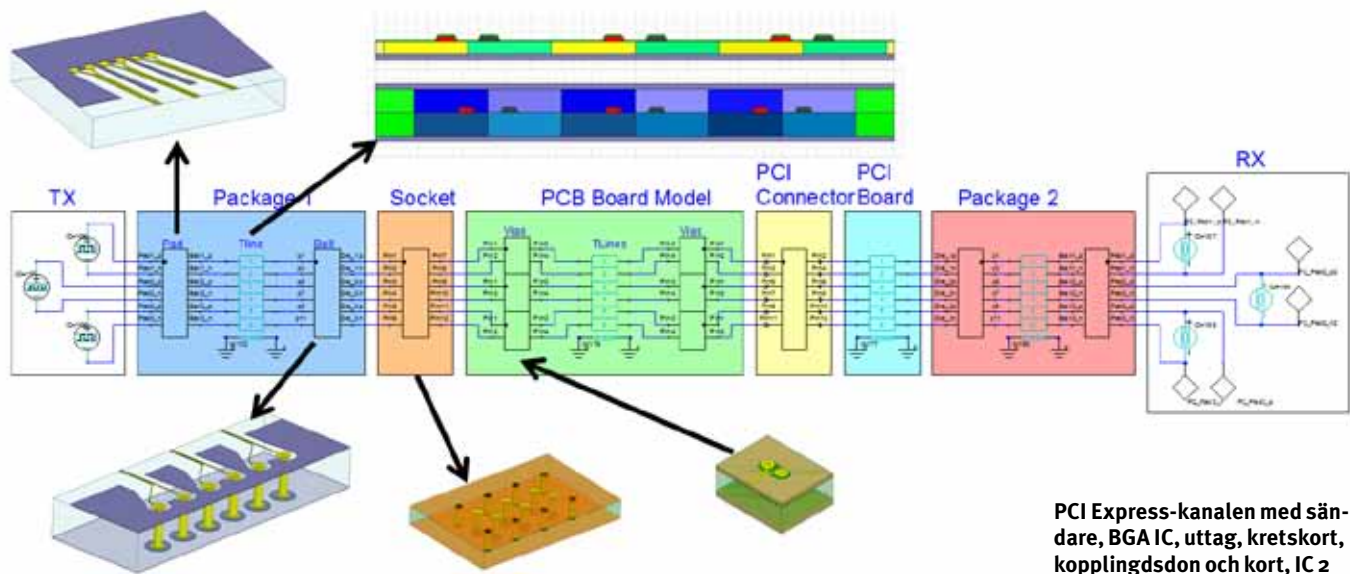
ingenjörer som designar servrar, datalagringsprodukter, multimedia-datorer, underhållningssystem och telefonsystem, driver industritrenden att ersätta traditionella delade parallella bussar med hög-hastighets punkt-till punkt förbindelser. Standardgränssnitt, såsom XAUI, XFI, Serial ATA, PCI Express, HDMI och FB-DIMM, har tagits fram för att ge en större genomströmning genom användning av seriell signaltakt på 2,5 Gb/s till 10 Gb/s. Även om denna trend till stor del har reducerat

antalet ledningsbanor och förbindningar i systemet, så har den skapat nya utmaningar för konstruktörer av elektroniksystem som måste ta hänsyn till flertalet kontaktdon, transmissionsledning, vior, kapslingstyper och transceiverkretsar. Mycket höga hastigheter kräver användning av avancerad elektromagnetisk simulering för att till fullo förstå egenskaperna i förbindelserna.

**SIMULERING AV PCI-EXPRESS KANALEN**  
PCI-Express (peripheral component

interconnect express) är en standard för seriella hösthastighetsbussar som används i praktiskt taget alla persondatorer för att ansluta expansionskort och tilläggs kort till moderkortet. Detta höghastighetsgränssnitt skickar digitala signaler över en rad individuella komponenter.

Signaler färdas från sändare (TX) till mottagare (RX) via kretsens kapsling, sockeln, kretskortet, kontaktdon, kort och så vidare. Varje komponent kan påverka signalen när den överförs från



PCI Express-kanalen med sändare, BGA IC, uttag, kretskort, kopplingsdon och kort, IC 2 och mottagare.

sändaren till mottagare. Ingenjörerna designar komponenterna med minimal reflektion och förlust för att kunna uppnå pålitlig kommunikation. För att göra detta, måste ingenjören förstå hur alla komponenterna interagerar med varandra i hela systemet.

**”Det är viktigt att förstå hur komponenter interagerar med varandra inom ett komplett system.”**

Varje komponent har ett antal parametrar som kan justeras. En transmissionsledning på moderkortet, till exempel, har parametrar som bredd, tjocklek och avstånd till andra ledare; dielektrisk konstant för substratet; substrat-tjocklek; och tillverkningsdefekter, såsom över- och under-etsning. En annan parameter är kretskortets viastruktur som gör det möjligt för ledare att gå från ett lager till ett annat.

En sådan viastruktur med tillhörande elektriska och magnetiska fält kan simuleras med användning av Ansys HFSS. Geometrin har flertalet parametrar, inklusive substrattjocklek, dielektrisk konstant, routing konfigurering (input layer, output layer), via-tjocklek, pad-diameter, anti-pad-diameter och via stubblängd.

Med tanke på alla komponenterna i förbindningarna (se illustrationen), kan det finnas 30 eller fler parametrar som påverkar egenskaperna om alla möjliga variationer är inkluderade.

Konstruktören justerar dessa parametrar för att optimera designens egenskaper. Naturligtvis har var och en av dessa parametrar specifika tillverkningsstoleranser, vilket är särskilt viktigt med

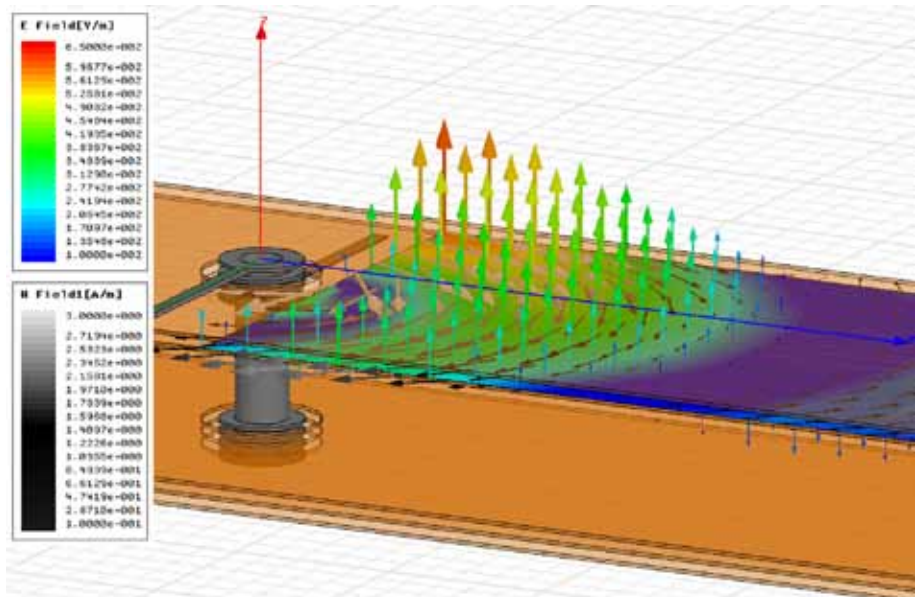
tanke på att många olika leverantörer kan komma att användas för att tillhandahålla material och komponenter. Därför är det en utmaning att hitta en passande design inom designområdet som är robust i

avseende av variationer och tillverkningsstoleranser.

Det är lätt att illustrera det enorma lösningsutrymmet som kan utvecklas när alla parametrarna har flera värden. Till exempel, om var och en av 30 parametrarna har tre värden över en viss

fastställd räckvidd, då får man totalt  $3^{30}$  möjliga kombinationer, vilket är mer än 200 biljoner! Det är inte möjligt att mäta alla kombinationer.

Även kraftfull simulering kan inte nå komplett täckning av ett sådant enormt lösningsutrymme. För att adressera detta problem, kan en populär teknik användas, som använder ”design of experiments” (DOE) och responsytmodellering. Responsytmodellering gör det möjligt för designern att modellera och överväga alla aspekter av en höghastighetsbuss genom att anpassa en statistisk modell av resultatet från simuleringen som en funktion av växlingar i ingångsvariabler.



Elektriska och magnetiska fält som omger mönsterkortets viastruktur, simulerat med Ansys HFSS

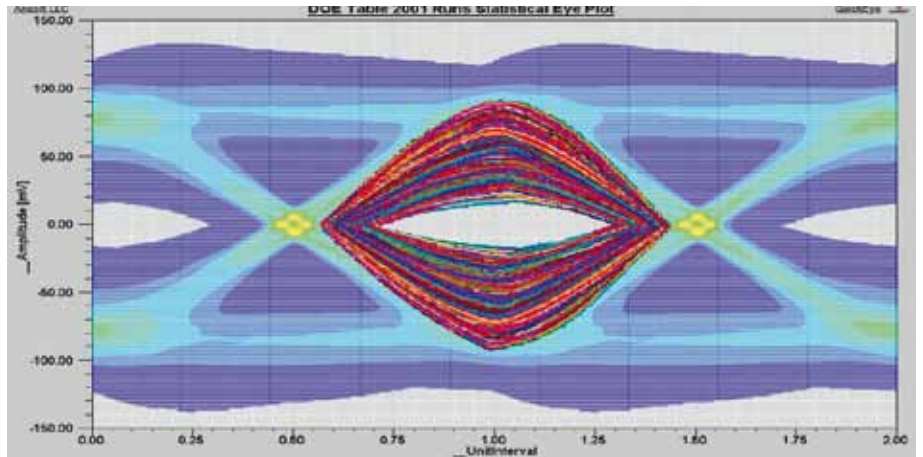
En DOE-tabell används för att välja ut designpunkter som ska lösas för att bygga den statistiska modellen. Optimerade villkor och worst-case scenarior kan uppnås inom alla möjliga designkombinationer.

#### SIMULERINGSPROCEDUR FÖR DOE

Applicering av DOE-metoden på detta exempel:

- 1: Koppla samman PCI Expresskanalen genom att använda ett systemnivå-simuleringsverktyg (Ansys DesignerSI). Länka denna kanal till elektromagnetisk modell för alla komponenter (BGA, kontaktdon, mönsterkort, etc).
- 2: Välj variabler för DOE-studien och tillhörande mätbara resultat. I detta fall är det ett ögonendiagram med höjd och bredd.
- 3: Starta Ansys DesignXplorer och ställ in variabelräckvidden.
- 4: Skapa en DOE-tabell i DesignXplorer. Tabellen överförs sedan till DesignerSI, och hela den parametriska simuleringen genomförs. Den distribuerade lösningsoptionen (DSO) accelererar simuleringar genom att köra flera parametrar samtidigt på ett datakluster.
- 5: Kretssimuleringsresultat från DesignerSI överförs tillbaka till DesignXplorer. DesignXplorer producerar en statistisk responsmodell. Grader med känslighet och sex sigma-beteenden kan analyseras.

I detta exempel använde konstruktören DesignXplorer för att skapa en DOE-tabell som begär 2001 oberoende simuleringar för att köras i DesignerSI åt PCI Express-kanalen. För var och en av dessa 2001 simuleringar, valdes parametrar inom givna gränser, specificerad av användaren, men de unika kombina-



**Resultande ögonendiagram från stor parametrisk svepning på en PCI Expresskanal. Ögonendiagrammet används för att avgöra om en digital signal mottas korrekt. Ett öppet öga indikerar att förbindelsen har god kapacitet.**

tionerna av dessa parametrar skapades automatiskt av DesignXplorer för att få fram statistiskt oberoende resultat. För att lösa dessa parametervariationer effektivt, användes DSO med Ansys Designer. Åtta parallella lösningar kunde genomföras samtidigt då beräkningsmaskinens alla åtta kärnor kunde nyttjas.

En användbar grafisk teknik är att använda DesignerSI för att producera ett ögonendiagram av den signal som observeras vid mottagaren. En lång sekvens av digitala signaler skickas av sändaren med förekommande switchförlopp som representerar en digital etta eller nolla. Genom att överlagra dessa simulerade switchförlopp, den ena ovanpå den andra, kan ett ögonendiagram skapas. Ett öppet öga med stor ögonhöjd och bredd är en indikation att en mottagen signal kan detekteras tillförlitligt. Ett stängt öga innebär det motsatta.

Ögonendiagrammet representerar PCI Express-kanalens beteende när ett stort antal bit-sekvenser har skickats genom kanalen. Det visar också resultatet av att variera en undergrupp av de 30 parametrarna över de 2001 tester som skapats

**”Avancerad numerisk simulering tillsammans med effektivt beräkningar gör det möjligt att simulera kompletta produkter och att fullständigt undersöka parameterummet.”**

i DOE-tabellen. En del kombinationer av parametrar resulterar i ett väsentligt stängt öga, vilket indikerar i sin tur en dålig parametervariation. En komplett responsyta för ögonhöjd och bredd kan genereras vilket ger ingenjören information om vilka parametrar som har de största positiva eller negativa effekterna på prestanda. Konstruktören kan erhålla

DOE-resultat till flera betydelsefulla parametrar i PCI Express sammanbindnings-simuleringar. Ledningslängden på periferikortet hade den största negativa verkan på ögonöppningen, följt av ledningslängden på huvudkortet. Konstruktörer kan använda denna analys för att

Component	Associated Parameters (Numbered)
Package	Thickness, pad breakout, trace length, solder ball pitch, dielectric material (5)
Socket	Thickness, material properties, signal-to-ground ratio (3)
Board	Microstrip och stripline trace och spacing, etch-factors, Cu roughness, dielectric material, via konfigurering (8)
Connector	Various vendors models, often only one or two options (1)
Second board	Microstrip, stripline, etch-factors, Cu roughness, dielectric material, via configuration (8)
Second package	Thickness, pad breakout, trace length, solder ball pitch, dielectric material (5)

Komponenter i en typisk PCI Expressförbindelse kan ha 30 parametrar eller mer.



**DOE-resultat för flera betydelsefulla parametrar i PCI Express sammanfognings-simuleringar. PCI ledningslängden på periferikortet hade den största negativa verkan på ögonöppningen, följt av längden ledningslängden på huvudkortet.**

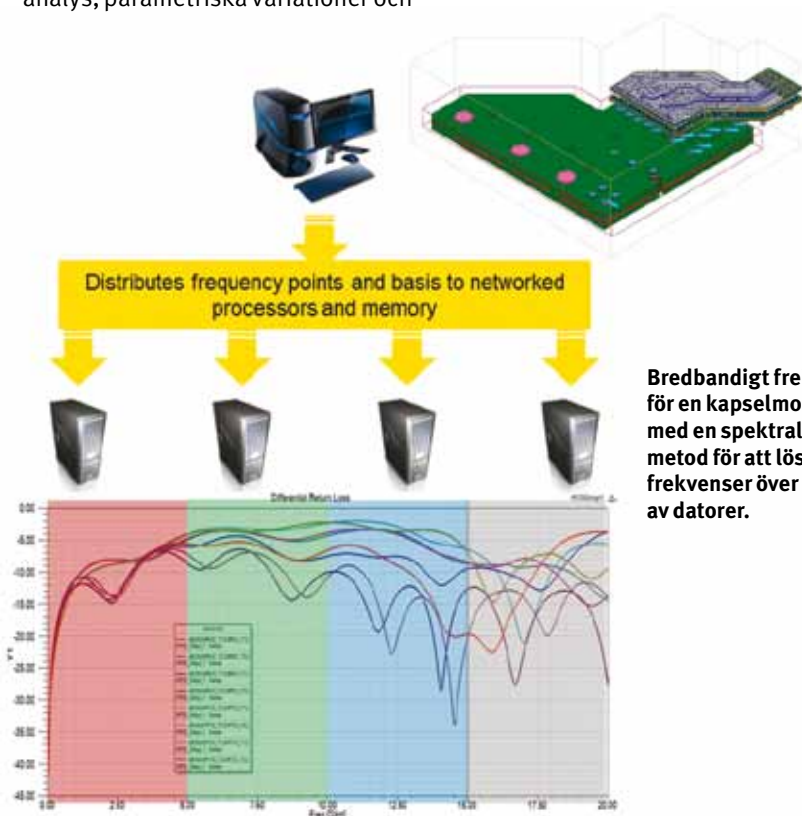
upptäcka de väsentligaste parametrarna för systemprestanda. I detta fall skulle denna design förbättras genom ett mer noggrant val av design för periferikortet och/eller material för att minska förlusterna.

#### SIMULERINGS-DRIVEN DESIGN

Avancerad numerisk simulering tillsammans med effektiv beräkning gör det möjligt att simulera kompletta produkter och att fullständigt utforska designområdet, som med snabba seriella bussar. Simuleringen gör det möjligt att skapa en virtuell prototyp av systemet så att analys, parametriska variationer och

optimering utförs innan det är dags för kostsam och tidskrävande prototypstestning, laborietesting och produktion.

Tidigare kunde simuleringar endast stödja ett en parameter, en enda användare, en enda komponent, och endast ett fåtal designpunkter. Med dagens effektiva datorer och mjukvara är det möjligt för en metodbaserad och simuleringssdriven produktutveckling att inkludera flera parametrar (multifysik), krets- och systemsimuleringar, multianvändare och flerskaliga simuleringar med parametrisk optimering och designutforskning. ■



**Bredbandigt frekvenssvep för en kapselmodell utförd med en spektraldomänmetod för att lösa multipla frekvenser över ett kluster av datorer.**

## Tillförlitliga HPC-lösningar för elektromagnetisk simulering

För att möjliggöra robust design, tillåter HPC-metoder stora elektromagnetiska studier att distribueras över ett nätverk av datorer (kluster) för att lösa stora 3-D volymetriska problem, att utföra material och geometriparametrisk svepning, och att lösa över frekvensspektrum.

#### DOMAIN DECOMPOSITION

Domain Decomposition (DDM) är en metod som gör det möjligt att distribuera en simulering över ett flertal kärnor för stora, komplexa problem. Dessa kärnor kan i sin tur befinna sig på ett nätverk. DDM skapar en mesh för hela strukturen som sedan delas upp i ett antal mindre domäner. Lösningen av dessa subdomäner distribueras sedan över ett nätverk av kärnor. Detta ökar beräkningskapaciteten betydligt. DDM är mycket väl skalbart mot ett stort antal kärnor och utnyttjar även multitrådning inom respektive subdomän för att ytterligare minska simuleringstiden.

#### SPECTRAL DOMAIN DECOMPOSITION

Spectral Domain Decomposition (SDM) är en metod som distribuerar lösningen av frekvenspunkterna i ett frekvenssvep över ett antal kärnor vilket reducerar den totala beräkningstiden då dessa beräkningar görs parallellt. Dessa kärnor kan i sin tur befinna sig på ett nätverk. Denna metod kan i sin tur användas i kombination med multitrådning där multitrådningen ytterligare påskyndar beräkningen av respektive frekvenspunkt. SDM är mycket väl skalbart mot ett stort antal kärnor och ger en avsevärd ökning av beräkningshastigheten. SDM teknologin finns tillgänglig för Ansys HFSS, HFSS-IE samt Apaches Sentinel PSI.

#### DISTRIBUTED SOLVE

HFSS Distributed Solve (DSO) accelererar svepningar av designvariationer genom att distribuera designloopar över ett nätverk av processorer. Det arbetar synergistiskt med multitrådning för att öka hastigheten i varje designloop. HFSS DSO erbjuder en linjär hastighetsökning över konventionella designsvepningar och är utökningsbar mot ett stort antal kärnor.