

Designa mönsterkort med analoga och digitala signaler



Att designa mönsterkort med både analoga och digitala signaler kräver grundläggande förståelse av bägge domänerna för att minimera – helst förhindra – störningar av signalerna. Moderna system består av komponenter för både digitala och analoga funktioner, så layouten av kortet måste designas med eftertanke för att säkerställa signalintegritet i hela systemet.

Layouten av mönsterkortet är en viktig del av utvecklingsprocessen och kan upplevas som krävande – komponentplaceringen är bara början. Det finns även andra faktorer som måste beaktas, dels antalet lager i kortet och även hur dessa ska hanteras för att minimera störningar orsakade av parasitkapacitanser som kan uppstå mellan de olika lagren.

Jordning är dessutom en central del av mönsterkortets layout när det kommer till blandad signalkort. Även om jordning ofta är ett omdiskuterat ämne, är det inte alltid enkelt att utforma en standardiserad metod. Ett enstaka problem med jordningens kvalitet kan exempelvis påverka hela layouten i ett avancerat mönsterkort.

Precis som när man bygger ett hus är det avgörande att skapa en planritning över systemet innan komponenterna placeras ut. Detta steg lägger grunden för systemets övergripande integritet och bidrar till att undvika störande brus från signalerna.

När man tar fram en planritning är det klokt att följa signalvägen i schemat, särskilt för kretsar med snabba signaler. Komponenternas placering är också en kritisk del av konstruktionen. Konstrukktören bör kunna identifiera de viktiga funktionsblocken, signalerna och kopplingarna mellan blocken för att kunna bestämma den optimala placeringen av varje komponent i systemet. Kontakter placeras exempelvis bäst längs kortets kanter, medan avkopplingskondensatorer och kristaller måste placeras så nära som möjligt intill blandad signalkretsarna.

För att undvika att analoga och digitala signaler använder gemensam jord för att sluta sina strömbanor, kan man överväga att separera dessa så att analoga signaler inte blandas med digitala.

NÅGRA ÖVERVÄGANDEN när man separerar analoga och digitala funktioner:

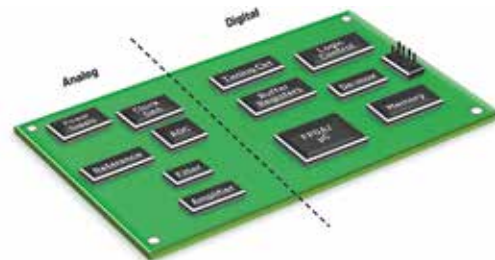
- Känsliga analoga komponenter, som förstärkare och spänningsreferenser, bör placeras inom det analoga området. På samma sätt måste brusiga digitala komponenter, som logik och klockkretsar, placeras på den

Av May Anne Porley och Kevin Chesser, Analog Devices

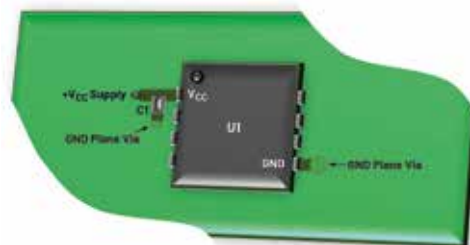
May Anne Porley är applikationsingenjör på Analog Devices i Filippinerna. Hon har arbetat på företaget sedan 2012 och sysslar med applikationsstöd för switchar, multiplexrar, nivåskiftare och obuffrade korskopplingsswitchar.



Kevin Chesser var produktapplikationsingenjör inom SMX-gruppen i Limerick. Han gav kundsupport med fokus på ADG7xx-familjen av switchar och multiplexrar.



Figur 1. Uppdelning av analoga och digitala delar.



Figur 2. Ett sätt att göra avkopplingen för kraftmatningen.

andra sidan, på den digitala planhalvan.

- Om ett system innehåller en AD-omvandlare (ADC) eller en DA-omvandlare (DAC) med svaga digitala strömmar, kan dessa hanteras som analoga komponenter och placeras i den analoga planhalvan.
- För konstruktioner med fler än en ADC och DAC med höga strömmar, rekommenderas det att separera de analoga och digitala matningarna. Det vill säga, AVCC ska kopplas till den analoga sidan medan DVDD bör kopplas till den digitala delen.
- Processorer och styrkretsar kan ta stor plats och alstrat värme. Dessa komponenter bör placeras i mitten av kortet för bättre värmeavledning, samtidigt hamnar de då nära samverkande kretsar.

Strömförsörjningen är en annan kritisk del av konstruktionen och bör hanteras därefter. Som en tumregel måste strömförsörjningsblocket isoleras från resten av kretsen och samtidigt placeras nära de komponenter som ska matas.

Komplexa system med enheter som har flera matningsspänningar kan använda separata strömförsörjningsblock, dedikerade för den analoga respektive digitala delen. Detta för att undvika att digitalt brus letar sig över till den analoga sidan.

Å andra sidan bör strömförsörjningens ledningsdragnings vara kort, direkt och använda breda ledarbanor för att minska in-

duktans och undvika strömbegränsningar.

En viktig parameter att ta hänsyn till för att uppnå önskad systemprestanda är Power supply rejection ratio (PSRR). Detta är ett mått på en komponents känslighet för variationer i strömförsörjningen, vilket i slutändan avgör dess prestanda.

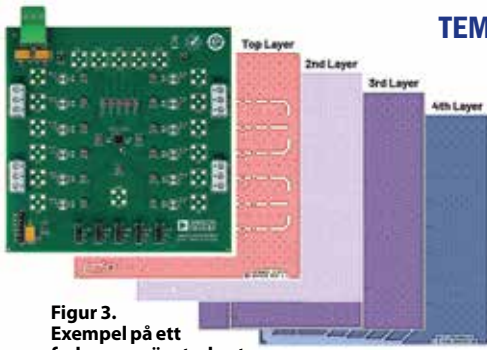
För att bibehålla en optimal PSRR är det nödvändigt att hindra högfrekvent energi från att ta sig in i komponenten. Detta görs genom att avkoppla komponentens strömförsörjning till jordplanet med en kombination av elektrolytkondensatorer och keramiska kondensatorer.

Idén med en avkoppling mot jord är att skapa en miljö med reducerat brus för alla komponenter. Grundregeln är att skapa en enkel väg för returströmmen genom att skapa den kortaste vägen.

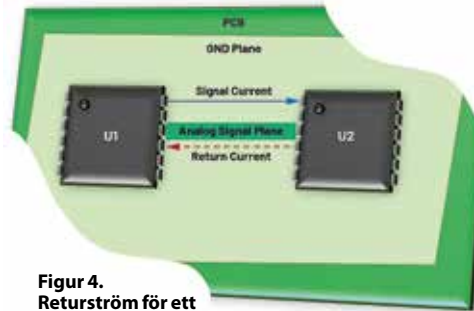
Konstruktorer måste alltid kontrollera rekommendationen för högfrekvensfiltrering för varje enskild komponent.

DENNA CHECKLISTA kan ses som vägledning om olika avkopplingstekniker och hur de implementeras på korrekt sätt:

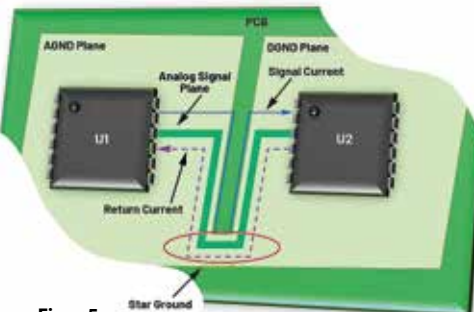
- Medan elektrolytkondensatorer fungerar som laddningsreservoarer för att hantera transientströmmar, och att minimera lågfrekvent brus på matningsspänningar, reducerar låginduktiva keramiska kondensatorer också högfrekvent brus. Ferritblock är ytterligare ett alternativ som kan ge ett



Figur 3.
Exempel på ett
fyr-lagers mönsterkort.



Figur 4.
Returström för ett
kort med ett sammanhängande jordplan.



Figur 5.
Returström för system med ett delat jordplan.

tillskott i högfrekvent brusisolering och avkoppling.

- Avkopplingskondensatorer placeras så nära matningspunkterna på komponenten som möjligt. Dessa kondensatorer bör anslutas till ett stort jordplan genom viahål eller korta ledare för att minimera extra serieinduktans.
- Kondensatorer med mindre kapacitans, typiskt 0,01 μF till 0,1 μF , bör placeras så nära matningspunkterna som möjligt. När komponenten har flera aktiva utgångar, förhindrar denna placering instabiliteter. Elektrolytkondensatorn, typiskt 10 μF till 100 μF , bör placeras högst 2,5 cm från komponentens matningspunkt.
- För enklare implementering kan avkopplingskondensatorer anslutas genom en T-koppling till jordplanet med viahål nära komponentens jordanslutning, istället för att använda en separat ledare.

NÄR KOMPONENTPLACERINGEN och layouten är avklarad kommer den andra delen av mönsterkortsdesignen, kortlagren. Det är att rekommendera att fundera på kortlagrens ordning innan ledningsdragningen bestäms eftersom detta kommer att avgöra de tillåtna returvägarna för strömmen.

Kopparlagren i ett kretskort hanterar typiskt småsignal, kraft och jord. De är horisontella plan av koppar och staplade vertikalt på varandra.

Generellt bör avancerade databearbetnings-system ha fyra eller fler lager. Topplagret används ofta för digitala och analoga signaler, medan bottenlagret används för övriga signaler. Det andra lagret (jordlagret) fungerar som referensplan för impedansstyrd signal och används för att minska spänningsfall (IR-drops) samt skydda de digitala signalerna i översta lagret. Slutligen finns strömförsörjningsplanet i det tredje lagret.

Ström- och jordplan måste placeras intill varandra eftersom detta medför en större kapacitans mellan planen, vilket hjälper till med avkoppling av högfrekvent brus till strömförsörjningen.

När det gäller jordplanet har rekommendationerna för design av system med blandade signaler förändrats genom åren. Tidigare har det ansetts bra att dela jordplanet mellan analogt och digitalt, men för moderna produkt rekommenderas en ny metod. En god ordning av lager samt separering av signaler bör förhindra problem med brusiga signaler.

Jordning är en grundläggande process vid layout av ett blandsignalkort. Ett typiskt mönsterkort med fyra lager bör ha minst ett lager avsett som jordplan för att säkerställa lågimpediva vägar för returströmmarna. Alla anslutningar på kretsarna ska ledas och kopplas korrekt till jordplanet för att minimera serieinduktans och resistans.

Det har blivit praxis att separera analog och digital jord. För blandsignalsystem med svag digital ström kan dock ett enda jordplan vara mest effektivt, men konstruktören måste överväga vilken jordningsmetod som passar bäst beroende på blandsignalens strömkrav. Det finns två metoder för jordning att ta i beaktning.

För blandsignalsystem med en enda ADC eller DAC med en liten digital ström är ett enda jordplan den effektivaste metoden. För att förstå vikten av det behöver vi påminna oss om returströmmen. Det är den ström som går tillbaka till jord via ledningar mellan komponenter och jorden. För att förhindra störningar måste varje retursignal beaktas under hela mönsterkortsdesignen.

Den enkla kretsen i Figur 4 illustrerar fördelen med ett sammanhängande jordplan jämfört med ett delat jordplan. Signalströmmen har ett lika stort men motsatt flöde av returström. Denna returström går genom jordplanet tillbaka till matningen och följer vägen med lägst impedans.

För lågfrekventa signaler kommer returströmmen att välja vägen med lägst resistans, vanligtvis en rak linje mellan jordpunkterna på komponenterna. För högfrekventa signaler kommer däremot en del av returströmmen att försöka följa signalvägen tillbaka. Detta beror på att impedansen är lägre längs denna väg eftersom det minimerar storleken på den slinga som bildas mellan utgående och återvändande ström.

För komplexa system där ett sammanhängande jordplan kan vara svårt att åstad-

komma, kan ett delat jordplan vara mer lämpligt. Ett delat jordplan är en vedertagen metod där de analoga och digitala planen skiljs från varandra. Detta är lämpligt för mer komplexa system med flera blandsignalkomponenter som drar hög ström.

För system med ett delat jordplan, den enklaste lösningen för en mer direkt returström är att använda sig av en "stjärnpunkt", den kopplingspunkt där det analoga och det digitala jordplanet möts.

I vanliga system kan stjärnpunkten utgöras av en enkel och smal ledare mellan det analoga och digitala jordplanet. För mer komplexa konstruktioner implementeras den ofta med en bygel till en jordpunkt. Det krävs ingen bygling anpassad för hög ström, eftersom strömmen i stjärnnoden är försumbart liten. Dess huvudsakliga syfte är istället att säkerställa att båda jordplanen har samma referensnivå.

Konstruktörerna måste alltid kontrollera de jordningsrekommendationer som finns för varje komponent för att säkerställa att de uppfylls och för att undvika relaterade problem. För blandsignalkretsar med anslutningar för analog och digital jord kan dessa kopplas till sina respektive jordplan, eftersom stjärnjorden också kommer att förbinda båda jordplanen. På så sätt kommer all brusig ström från den digitala sidan att flöda genom den digitala strömförsörjningen ned till det digitala jordplanet och tillbaka till den digitala matningen, samtidigt som den isoleras från den känsliga analoga delen. Isoleringen mellan de analoga och digitala jordplanen måste implementeras i alla lager på ett mönsterkort.

Här är en checklista för att säkerställa att ett lämpligt jordningsschema har implementerats i ett system med analoga och digitala kretsar:

- Breda kopparledare bör utgöra anslutningarna vid stjärnpunkten.
- Kontrollera att det inte finns smala ledare i jordplanet.
- Det är lämpligt att förse kretskortet med löddor (pads) och viahål så att de analoga och digitala jordplanen kan kopplas ihop, där behov finns.

Slutsats

Mönsterkortslayouten för blandsignalsystem kan vara utmanande. Att skapa en layout med komponentplacering är bara början. Att korrekt hantera kortets lager och att förbereda ett lämpligt jordningsschema är också viktiga punkter som en systemdesigner måste ta hänsyn till för att uppnå bästa prestanda.

Att förbereda placeringen av komponenterna hjälper till att säkra systemets signalintegritet. En lämplig organisering av kortets lager underlättar hanteringen av strömmar och signaler över hela kortet. Slutligen förbättrar ett väl valt jordningsschema systemets prestanda och förhindrar problem med brusiga signaler och returströmmar. ■