

# GaN bäddar för effektiva

Förstå och välj rätt



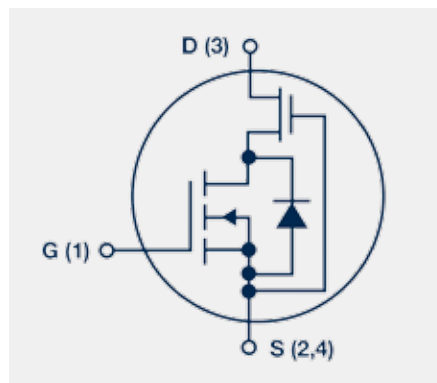
## Av Rudy Ramos, Mouser Electronics

Rudy Ramos har projektansvar för arbetar med marknadsföring av tekniskt innehåll på Mouser Electronics. Tidigare har han arbetat på National Semiconductor, Texas Instruments och med egen verksamhet inom serigrafik, som är en speciell tryckteknik. Han har över 30 års erfarenhet inom teknik och ledarskap inom olika industrisegment.

I dagens krafttillämpningar är det vanligt att sträva efter allt högre energieffektivitet och tillförlitlighet, samtidigt som storleken på den totala lösningens blir mindre. Den trenden går att se inom exempelvis växelriktare i elfordon, omvandlare i datacenter och UPS-lösningar, energiskördning via sol och vind samt de hundratals miljoner små omvandlare som driver avancerade enheter som dagligen används i hem och på kontor över hela världen.

Effekttransistorer med brett bandgap (WBG, wide bandgap) har dykt upp för att tackla dessa utmaningar. Om man ersätter konventionella halvledare i kisel med WBG-kretsar skulle det gå att höja den typiska verkningsgraden hos en DC/DC-omvandlare från cirka 85 procent till nästan 95 procent, alternativt öka den typiska verkningsgraden hos en DC/AC-inverterare från 96 till 99 procent.

**BLAND DE WBG-KRETSAR** som finns på marknaden erbjuder HEMT:ar (high electron mobility transistor) i galliumnitrid (GaN) stora fördelar jämfört med dagens kiselbaserade alternativ (ex superjunction-transistorer) upp till runt 600V. Fördelarna inkluderar



Figur 1. En kaskadkonfiguration som ger GaN-prestanda, och normalt är fränslagen.

klart lägre ingångs- och utgångskapacitanser ( $C_{iss}$  och  $C_{oss}$ ), vilket leder till lägre switchförluster. Miller-effekten är också betydligt lägre i GaN-transistorer än i MOSFET:ar för jämförbart  $R_{DS(ON)}$ . Därför kan GaN-kretsar slås på och av mycket snabbare, vilket i sin tur gör att mindre transformatorer och passiva komponenter kan användas. En lägre on-resistans per ytenhet leder också till lägre ledningsförluster och gör det möjligt för konstruktörer att uppnå en bra balans mellan energiförlust, enhets-

storlek, samt kostnaden och storleken för värmeavledningen.

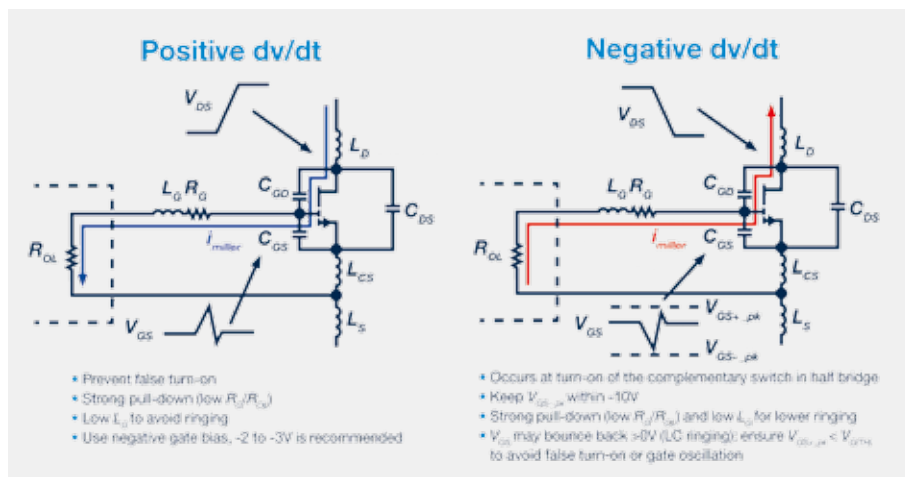
Fram till nyligen har GaN-kretsar varit alltför dyr i jämförelse med mer etablerade kiselbaserade alternativ. Utvecklingen av superjunction-transistorer har lett till förbättrad verkningsgrad för kisel, och har varit en faktor som hållit tillbaka GaN.

**I GRUNDEN** är GaN-transistorer antingen så kallade depletion-mode (normally-on) eller enhancement-mode (normally-off). Det förstnämnda innebär att det krävs en negativ gate-spänning relativt drain och source för att transistoren inte ska vara påslagen. Det andra innebär att en GaN-transistor inte leder utan pålagd gate-spänning.

Depletion-mode-transistorer kan ge högre prestanda och är robustare, men de kräver noggrann hantering av systemstart för att undvika potentiellt farliga kortslutningar. I en halvbruggstopologi där både den övre och undre GaN-transistorer är av depletion-mode måste gaten först förspännas negativt för att hålla transistorerna fränslagna – allt för att förhindra att DC-bussen drar igång och kortsluts.

Ett alternativ är att använda en GaN-transistor av sorten depletion-mode i kaskad med en lågspänd MOSEFET i kisel. Som figur 1 visar är GaN-transistorns source ansluten till MOSFET:ens drain, medan MOSFET:ens source är ansluten till GaN-transistorns gate. När MOSFET:ens gate inte är förspänd kommer kiseltransistor att skapa en negativ förspänning på GaN-transistorns gate. Denna typ av kaskadkonfiguration finns redan på marknaden. Ett exempel är NTP8G2o2NG från ON Semiconductor.

**EN ENHANCEMENT-MODE-HEMT** har inte problem med kortslutning vid start. GaN Systems 650V-enhet GS66516B är ett sådant alternativ. Den förenklar dessutom konstruktionen genom att kunna arbeta från en gatespänning på endast 0V till 6V, och den klarar transienter på  $-20V$  till  $+10V$ . Kretsen har sex kontakter och kapseln kyls från undersidan. Den har låg on-resistans, 25 m $\Omega$ , och kan hantera en kollektor-emitter-spän-



Figur 2 & 3. När en GaN-transistorer slås på uppstår det problem som måste beaktas för att säkerställa tillförlitlig drift. Figur 2 illustrerar dessa effekter. På liknande sätt illustrerar figur 3 GaN-transistorers situation vid frånslag.

KÄLLA: GAN SYSTEMS

# och små konstruktioner

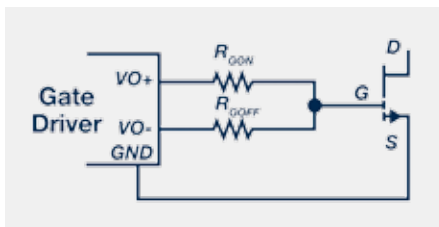
ning på upp till 10A samtidigt som switch-frekvensen kan nå 10 MHz.

Likt andra kraftkretsar behöver GaN-transistorer en korrekt matchad och konfigurerad gatedrivare för att säkerställa att enheten snabbt och fullständigt slås på och av. För att klara det måste drivaren snabbt kunna ladda transistorens gate-kapacitans, så att den kan slå på enheten utan att skapa ringning eller översvängning. Vid frånslag måste den snabbt ladda ur gaten, återigen utan ringning eller översvängning.

**DET FINNS TRE VIKTIGA** faktorer att ta hänsyn till vid drivning GaN-transistorer: den högsta tillåtna styrspänningen, tröskelspanningen på gaten och spänningsfallet i body-dioden.

Det är enklast att generera de spänningar och strömmar som en enhancement-mode-GaN kräver för att slås på och av, eftersom gate-source-spänningen är 6V eller ungefär hälften av den hos en MOSFET. Gate-spänningen har också en lägre negativ temperaturkoefficient, vilket förklarar drivningen. Framspänningsfallet över transistorens body-diod är cirka en volt högre än hos jämförbara MOSFET:ar i kisel.

**EN GAN-TRANSISTOR** slås på cirka fyra gånger snabbare än en MOSFET med samma  $R_{DS(ON)}$ , medan den slår ifrån ungefär dubbelt så snabbt. Det ger fördelar på systemnivå, men kräver extra försiktighet när man tar hänsyn till drivaren och kringkretsars dynamik.  $dV/dt$  kan överstiga 100 V/ns, vilket kan skapa ett genomskjutande tillstånd mellan enheter i en brygga under switchningen och därmed påverka effektiviteten negativt. För att förebygga detta kan gatedrivarens pull-up-motstånd justeras att nå



**Figur 4. Att oberoende av varandra optimera motståndet för på- och frånslag bidrar till att minimera oönskade effekter.**

den snabbast önskade övergångstiden, utan att framkalla andra oönskade mekanismer. Detta bidrar även till att undvika översvängning och ringning, och kan förhindra falska på- och frånslagningsglitchar samt minimera EMI. I praktiken kan det vara nödvändigt att lägga till ferritpärlor i serie med gaten för att minska högfrekvent LC-ringning och översvängning, och möjligen även addera en så kallad RC-snubber över gate-source.

**FÖR GAN-ENHETER** där tröskelspanningen är låg kan pull-up-motståndet optimeras individuellt för på- och frånslag. Det görs genom att dela gatedrivarens anslutningar för pull-up och pull-down så att det går att sätta in ett diskret motstånd (figur 4). För att kunna maximera drivprestanda liksom stabilitet är det nödvändigt att optimera gatens motstånd för på- och frånslag.

Vid påslag är motståndet vanligen mellan 10Ω och 20Ω. Om det är för högt minskar  $dV/dt$ , vilket leder till långsammare switchning och högre förluster. Om svängningshastigheten är för låg kan Miller-effekt och potentiell gate-oscillation ge switchförluster. Om gatemotståndet är 10–20Ω vid påslag krävs vanligen ett gatemot-

stånd på 1–2Ω vid frånslag för snabb och robust pull-down inom minimal impedans.

## Val av gate-drivare

En gate-drivare som Texas Instruments LMG1205 är konstruerad för att hantera GaN-transistorers egenheter, samtidigt som användaren kan skräddarsy konstruktionen för den valda enheten, switchhastigheten och andra faktorer. LMG1205 är optimerad för att användas med enhancement-mode FET:ar och kan driva switchen både på den höga och låga sidan i en synkroniserad buck-, boost- eller halvbryggs-konfiguration. Oberoende ingångar för låg och hög sida ger konstruktören flexibilitet.

Drivaren kan leverera upp till 1,2A och sänka 5 A för att förhindra oönskat omslag, och den har delade gateutgångar som gör att det går att oberoende optimera strömmen. För att säkerställa hög effektivitet och undvika genomskjutning vid drivning av switcharna är fördröjningen 35 ns (normalvärde), vilken matchas inom 1,5 ns mellan kanalerna.

Andra alternativa kretsar, särskilt konstruerade för att driva GaN-transistorer, är Silicon Labs serie Si827x, Analog Devices ADuM4223A/B- familj och Maxims MAX5048C. Det går även att använda en MOSFET-drivare, förutsatt att den har lämplig prestanda och funktion, samt att switchfrekvensen är relativt låg.

För att säkerställa korrekt switchning av krafthalvledare finns det även annat att beakta. Här ingår bland annat att optimera kretslayouten och ledningarna för att minimera ströinduktanser, samt att placera drivaren så nära transistorgaten som möjligt för att minimera extern koppling mellan gate-till-drain. ■