

# Minimal storlek & max

Välj drivning  
för optimal  
verknings-  
grad



## Av Ashish Gokhale på Silicon Labs

Ashish Gokhale ansvarar för isolerade produkter på Silicon Labs i Austin, Texas. Han började på företaget 2010. Innan dess var han affärsutvecklingsansvarig för isolerade produkter på Texas Instruments, där han även haft olika roller med fokus på halvledarprocesser och produktutveckling.

Isolerade spänningsaggregat är idag vanligt i serversystem och industriella tillämpningar, liksom i telekom- och nätverksutrustningar. I den bandbreddshungliga tidsålder som Internet-of-Things skapat behöver allt fler system en effektiv spänningsmatning, vilket skapar behov av energi- och kostnads-effektiva lösningar.

I takt med att apparater och utrustningar blir mindre i storlek, måste spänningsaggregaten följa efter. Därför har dagens konstruktörer ett övergripande mål: att maximera effekten per volymenhet ( $W/mm^3$ ). En väg att nå dit är att använda effektt transistorer med bättre prestanda. Stora innovationer har skett inom detta område, och spännande nya produkter finns att få som klarar switchning med mycket hög hastighet. Detta öppnar för ökad verkningsgrad och mindre komponenter.

Bland de nya effektt transistorerna finns nästa generation av snabbare, kiselbase-rade MOSFET:ar, men också nyare tekniker baserade på galliumnitrid (GaN) och kiselkarbid (SiC). De nya teknikernas laterala struktur, jämfört med den vertikala för kisel, gör att de kan arbeta med låg laddning och klara att switcha hundratals volt på nanosekunder.

Andra fördelar är högre elektrisk fältstyrka och elektronmobilitet, vilket betyder att transistorerna kan göras mycket mindre vid en given genombrotts-spänning och kanalresistans. De har också ett större bandgap än kisel, vilket innebär att de kan arbeta säkert med högre strömmar vid högre frekvenser.

**SNABB SWITCHNING** hos spänningsaggregat skapar dock starka störningstransienter som kan orsaka att systemet förlorar modulationen eller att det får permanenta skador orsakade av låsning (latch-up). För att lösa detta måste störningsimmuniteten hos de komponenter som används för att driva de nya effektt transistorerna förbättras avsevärt. Denna artikel förklarar hur konstruktörerna förbereda sig för att klara morgondagens effektutmaningar.

Låt oss se närmare på de vanligaste switchade aggregaten (Switched Mode Power Supplies), där effektt switchningen har störst betydelse. SMPS-aggregaten omvandlar den inkommande effekten från AC till DC eller från DC till DC, och som regel ändrar de också spänningsnivån för att passa tillämpningen (se figur 1).

Som nämnts tidigare är utmaningen för konstruktörerna att nå högsta möjliga ef-

fekt per volymenhet. Det bästa sättet att åstadkomma detta är att öka systemets verkningsgrad. Switchförluster och/eller ledningsförluster skapar dessutom värme som på ett säkert sätt måste avledas via kylflänsar, vilka ökar total volym. Två fördelar med effektiva konstruktioner är att de dels ökar användbara uteffekt, dels reduceras den totala volymen.

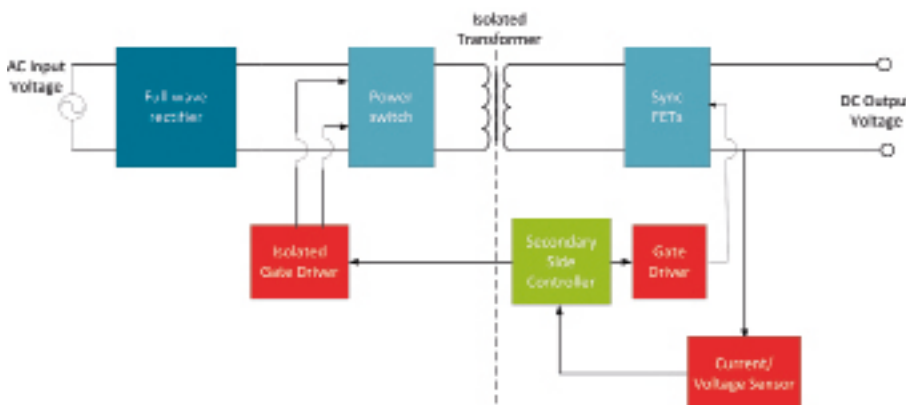
En av de bästa tillgängliga metoderna för att nå detta, utan att försämrare säkerheten, är att öka hastigheten vid switchning och modulationsfrekvensen. Kortare switchtid minskar switchförlusterna liksom storleken på kylflänsen, medan en högre modulationsfrekvens gör att:

- storleken på och kostnaden för kondensatorn och spolen på utgången minskar
- skadliga effekter på magnetiska material (ferriter, etc.) minskar
- sensitiivare förbättras och över- och underslängar i spänningen förhindras

**DESSA FÖRDELAR** är önskvärda, men medför vissa risker. Snabbare switchning orsakar högre transienter, som framgår av figur 2. Switchtiderna i dagens avancerade system med GaN-effektt transistorer ligger typiskt kring 5 ns. Det är omkring 10 till 20 gånger kortare än i konventionella system. Med en typisk matningsspänning på 600 V blir transienten  $120\text{ kV}/\mu\text{s}$  ( $600\text{ V} / 5\text{ ns} = 120\text{ V}/\text{ns}$  eller  $120\text{ kV}/\mu\text{s}$ ).

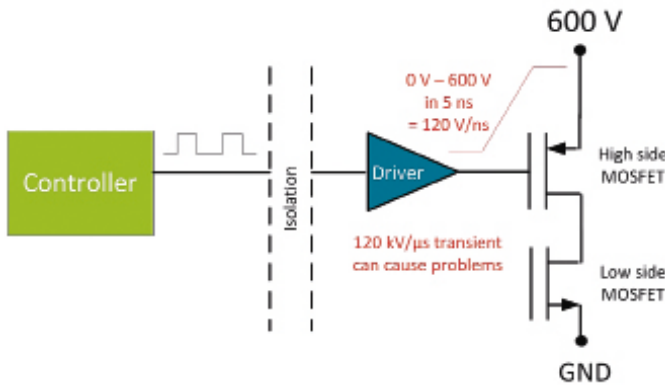
Störningstransienter kan orsaka att gate-drivkretsen förlorar signalintegriteten, eller "glitchar". Det kan resultera i att systemet förlorar modulationen, eller ännu värre, att det alstrar en icke önskad signal som skulle kunna trigga effektt MOSFET:arna att börja leda samtidigt och skapa ett farligt tillstånd med elektrisk kortslutning. Den starka transienten kan också orsaka att drivkretsen hamnar i ett permanent låst tillstånd, vilket också kan skapa farliga tillstånd.

Gate-drivkretsar som ska styra effektt transistorer måste konstrueras så att de klarar dessa störningstransienter utan att det uppstår några glitchar eller låsningar. Drivkretsens förmåga att klara av detta

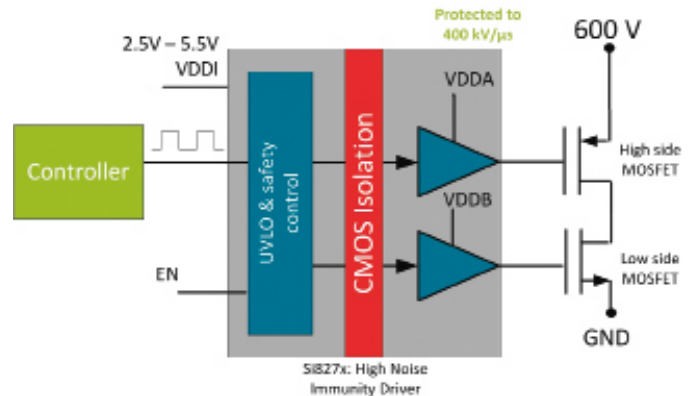


Figur 1. Blockschemat för en typisk AC-DC-omvandlare. Efter likriktning moduleras spänningen av ett effektt transistorsteg, som använder gate-drivare för att styra modulationen. Styrenheten skapar själva styrsignalen. Den switchade spänningen kopplas genom en anpassad isolerad transformator. Spänningen likriktas återigen av synk-FET:arna, medan gate-drivkretsar styr switchningen. Ström- och/eller spänningssensorer övervakar utgången och återkopplar till styrkretsen.

# effekt med GaN och SiC



Figur 2. Snabbare switchning ökar transienterna i en effektomvandlare.



Figur 3. Kapacitanskopplad, isolerad drivkrets med hög immunitet mot störning.

definieras av en specifikation som de flesta tillverkare i sina datablad betecknar som Common Mode Transient Immunity (CMTI) och som uttrycks i  $\text{kV}/\mu\text{s}$ . I exemplet ovan skulle CMTI helt klart behöva specificeras som minst  $120 \text{ kV}/\mu\text{s}$ .

**I ISOLERADE** effektomvandlarsystem måste drivkretsarna isoleras för att inte äventyra isolationen mellan primär- och sekundärsidan. Gate-drivkretsar levererar typiskt upp till 4 A till en effekt-FET. Ju högre strömkapaciteten är, desto snabbare switchning vid en given gatekapacitans.

Drivkretsar med isolerande halvlederövergång (junction isolated) konstrueras in flytande på höga sidan för att klara den höga matningsspänningen. Sådana kretsar finns specificerade för upp till omkring 600 V. De är vanligen ekonomiska men har en lägre tolerans mot transienter, vilket gör att de lätt kan låsa sig (latch-up) och orsaka permanenta skador och säkerhetsrisker.

CMTI för sådana kretsar specificeras till omkring  $10 \text{ kV}/\mu\text{s}$  för signalintegritet och  $50 \text{ kV}/\mu\text{s}$  för tålighet mot låsning.

Optokopplade gate-drivkretsar är helt isolerade och har funnits ett bra tag. Typiska opto-drivkretsar har CMTI-specifikationer i området  $10 - 20 \text{ kV}/\mu\text{s}$ . Men nyare produkterna har mycket bättre prestanda, med CMTI på  $50 \text{ kV}/\mu\text{s}$  (min).

**MED HJÄLP AV ANDRA** tekniker än de ovan nämnda, till exempel kapacitans- och transformatorkopplade lösningar, går det att uppnå väsentligt bättre prestanda. Med tanke på vårt slutliga mål – att nå högsta möjliga switchning med bibehållen säkerhet – är deras största fördel att de klarar av att motstå extremt höga störningstransienter utan att förlora data och utan att låsas. Några nyligen introducerade transformatorkopplade drivsteg specificerar CMTI till  $50 \text{ kV}/\mu\text{s}$  (min), vilket inte är tillräckligt för de högeffektiva system som vi vill ha.

De senaste kapacitanskopplade lösningarna specificerar CMTI till  $200 \text{ kV}/\mu\text{s}$  (min) för signalintegritet och  $400 \text{ kV}/\mu\text{s}$  (max) för tålighet mot låsning. Detta är industriledande och passar därför perfekt för de nya, högfrekventa system som konstrueras idag.

Det finns andra fördelar med att använda kapacitanskopplade, isolerade drivsteg. De är snabba (low latency), och deras matchning mellan olika kanaler och mellan olika komponenter är mycket bättre än hos andra lösningar. Fördröjningen (latency) kan var så mycket som tio gånger kortare jämfört med vissa vanligt förekommande optokopplade gate-drivsteg. Även matchningen mellan olika komponenter kan vara tio gånger bättre, eller ännu mer. Denna jämnhet gör även att systemets övergripande moduleringschema kan finjusteras för maximal verkningsgrad och säkerhet.

**DE NYA ISOLERADE** gate-drivkretsarna Si827x från Silicon Labs ger konstruktörerna möjlighet att maximera systemens verkningsgrad och  $\text{W}/\text{mm}^3$  med de senaste GaN- och SiC-baserade transistorerna. De nya drivstegen gör det också möjligt att använda lägre matningsspänning (2,5 V jämfört med 5 V) och att specificera ett bredare arbetstemperaturområde ( $-40^\circ\text{C}$  till  $+125^\circ\text{C}$ , jämfört med  $-40^\circ\text{C}$  till  $+105^\circ\text{C}$  för opto). Likaså har egenskaper som störningsfilter på ingångarna och möjlighet till asynkron stängning. Det går också att lägga in flera olika konfigurationer i en och samma kapsel, t.ex. halvbyggor eller dubbla, oberoende drivsteg.

Produktsäkerhet och långsiktig tillförlitlighet är andra viktiga egenskaper hos sådana tillämpningar. De nya drivkretsarna är specificerade för 60 års drifttid vid höga spänningar, vilket är mer än för alla andra jämförbara lösningar. ■

	Kapacitanskopplad (Gate-drivkretsen Si827x)	Optokopplad	Transformatorkopplad
CMTI, signalintegritet (min)	$200 \text{ kV}/\mu\text{s}$	$50 \text{ kV}/\mu\text{s}$	$50 \text{ kV}/\mu\text{s}$
CMTI, låsningsimmunitet (max)	$400 \text{ kV}/\mu\text{s}$	Ej spec.	$100 \text{ kV}/\mu\text{s}$
VDDI-område 2,5–5,5 V	Optoingång	3,0–5,5 V	
EN-pin, säker som standard	Ja	Nej	Nej
Slitage och åldrande	Inget	Ja	Inget
Arbetstemperaturområde	$-40$ till $+125^\circ\text{C}$	$-40^\circ$ till $+105^\circ\text{C}$	$-40$ till $+125^\circ\text{C}$
VDDA/B-område	4,2 till 30 V	15 till 30 V	4,5 till 18 V
Toppström (max)	4 A	1 A	4 A
Utbredningsfördröjning (max)	60 ns	110 ns	60 ns
PWD (max)	5 ns	40 ns	5 ns
Matchning mellan komponenter eller PDD (max)	5 ns	$-50$ till $+50$ ns	12 ns
EMI-utstrålning	20 dB lägre än hos ledande transformatorkopplade lösningar	Låg	Hög

Tabell 1. Detaljerad jämförelse mellan vanligt förekommande tekniker för isolerade gate-drivkretsar.