

GaN-FET är inte svårare

Här är en trimmad lösning för 48V-system



Av Zhihong Yu, Renesas Electronics America

Zhihong Yu är senior medarbetare inom produktmarknadsföring och konstruktion på Renesas. Han är en erfaren konstruktör inom analogt, kraft, blandsignal, och inbyggda system. Han läste till elektroingenjör på universitetet i Northern Illinois University efter examen i kraftelektronik på Shanghai Jiao Tong University. Innan Renesas har han bland annat jobbat på Infineon.

Digitala konstruktioner baserade på signalprocessorer – det är ett av alternativen idag för att realisera GaN-FET-tillämpningar i 48V som ska klara höga frekvenser och ha hög verkningsgrad. Orsaken till det är att det saknas styrenheter utformade för att fungera med GaN-FET. DSP-lösningen kräver extrakretsar vilket medför extra komplexitet och utmaningar. I denna artikel introducerar författaren en GaN-FET-kompatibel analog styrenhet som har låg materiellnota och kan användas för att konstruera en synkron buck-omvandlare lika enkelt som om det skulle göras i kisel-FET. Men med överlägsen prestanda.

Det är allmänt känt i kraftelektronikbranschen att galliumnitrid-FET (GaN-FET) har överlägsen kretsprestanda jämfört med konventionell kisel-FET. Med sin lägre värmeutveckling på grund av den högre effektiviteten blir dessutom systemkostnaden mycket lägre. Den som tillverkar kommersiella nät-aggregat möter dock utmaningar när det gäller GaN-FET i massproduktion.

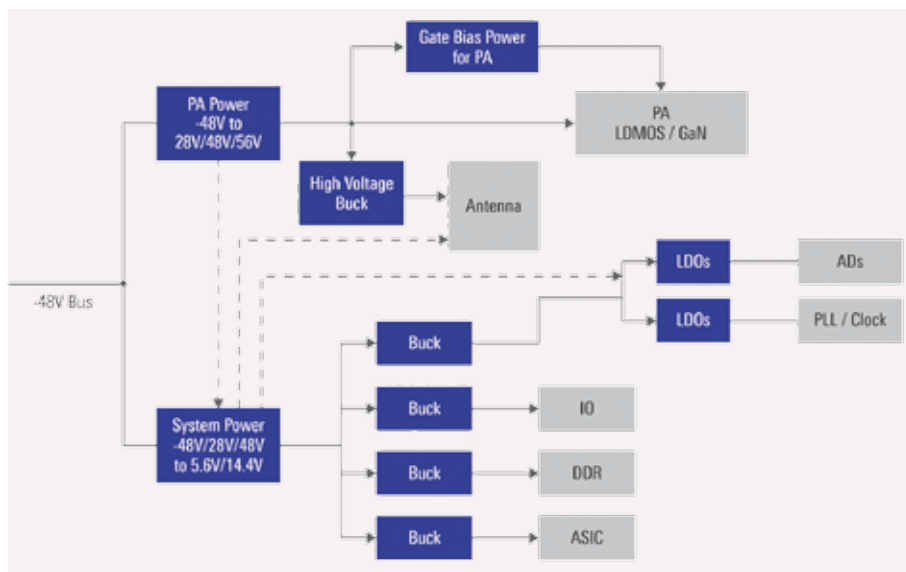
HÄR ÄR NÅGRA RÖSTER från våra egna kunder:

- En strömförsörjningstillverkare: "GaN-FET-baserad design skiljer sig helt från hur vi jobbat med kisel-FET".
- Ett telekomföretag: "GaN kräver digital styrning, vilket är något vi tvekar inför. Analogkonstruktion är enklare, kostar mindre och är något som vi redan behärskar".
- En tillverkare av hushållsmaskiner: "GaN-FET är på gång och kommer att bli stort. Det skulle betyda mycket för oss om vi kunde dimensionera ner vår kylning. Problemet är att vi behöver en mikrokontroller också".

MÅNGA KONSTRUKTÖRER har insett fördelarna med GaN-FET. Men de tvekar inför att använda det skarpt, främst på grund av komplexitetsökningen. Allteftersom GaN-FET-komplexiteten minskar börjar besparingarna på systemnivå att kunna kompensera för prisskillnaden.

Om vi antar att kunden alltid har rätt, hur kan vi då hjälpa till?

Vår lösning på Renesas är att använda 100V GaN-FET:ar i 48V-system. I denna ar-



Figur 1. Ett typiskt 5G AAU power tree-diagram, exklusive AC-matning. Den exakta arkitekturen beror på plats, täckning och avstånd till elnät eller lokal kraft.



Figur 2. Referenskonstruktionen EPC9143 tillsammans med DSP-styrenhet.

tikel kommer att utforska hur vi går tillväga med detta, och hur vi tänker på det som ett sätt att hantera kundens oro på ett helt nytt sätt.

Ända sedan telefonin föddes har infrastrukturen drivits med 48V likström, både trådat och trådlöst. Under senare år har data-center och avancerade fordonsystem anslutit sig till 48V på grund av de lägre säkerhetskraven samtidigt som det går att använda tunna ledningar och ändå få ett minimum i spänningsfall.

I figur 1 visas ett typiskt power tree-diagram för en 5G-AAU (Active Antenna Unit). Från systemets ingångsbuss på -48V sker

omvandlingar till nivåer på hundratals watt eller mer i +28V, +48V eller +56V för matning till effektförstärkare. Även en 12V- eller 5V-buss kan skapas för timing, klocka, minne, ASIC/FPGA och andra systemlaster (isolering krävs inte om -48V redan är isolerad från elnätet).

Det är uppenbart att det finns en enorm marknadspotential med tanke på alla 48V-omvandlingar på olika effektnivåer i AAU:er, och även i BBU:er (basbandsenheter) och den snabbt växande 5G-marknaden. Det ligger verkligen i GaN-tillverkarnas intresse att investera i 80V- eller 100V-klassad GaN-FET som ersättning för traditionell kisel-FET.

än kisel-FET

Några av fördelarna med att övergå till GaN i trådlös infrastruktur är förbättrad effektivitet, minskad storlek, sänkt elräkning och förenklad termisk hantering. Vad gäller en 5G-AAU kan det till och med spara systemvikt, vilket kan vara viktigt med tanke på hur avsides och svåra installationerna i sig kan vara.

EN TIDIGARE REFERENSKONSTRUKTION för effektkonvertering på 48V-buss med GaN-FET-metoden har tagits fram av ett välkänt GaN-FET-företag, Efficient Power Conversion (EPC). Konstruktionen heter EPC9143 (figur 2) och är öppen källkod.

Denna referenskonstruktion har samma fotavtryck som standarden sextondelsbricka och konverterar från 18–60V till 12V och 25 A. Utöver EPC:s GaN-FET:ar används en 16-bitars digital styrenhet på 500kHz med en effektivitet på drygt 95 procent. Den har en DSP-kärna och en analog del som vi för enkelhets skull kallar DSP i artikeln.

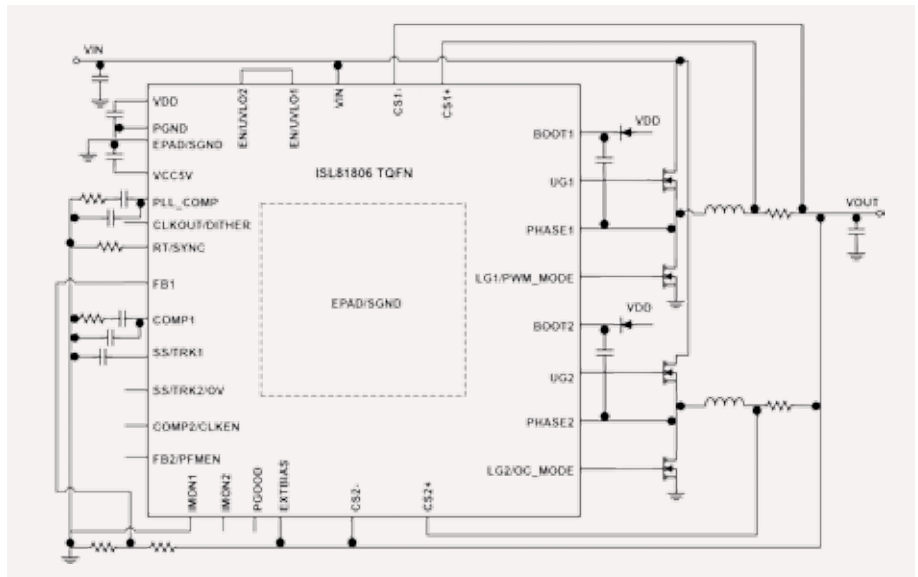
Även om denna design utan tvekan har en mycket imponerande prestanda, noterade vi att den använder sex extra integrerade kretsar.

Ofta är lösningar för digital strömstyrning flexibel nog att tillåta omprogrammering av utspänning och skyddströsklar och att lägga till ytterligare önskvärda funktioner. För vissa 48V-applikationer finns det dock inte så mycket behov av omprogrammering när en konstruktion väl är klar, vilket betyder att en analog styrmodulator kan bli lika effektiv som en digital.

PÅ RENESAS BÖRJADE VI FUNDERA över om vi kunde kombinera och ersätta de sju integrerade kretsarna i EPC9143 med en enda analog krets, och ändå uppnå liknande prestanda.

Visserligen är DSP-lösningen en nästan optimal GaN-FET-konstruktion med mycket större effektivitet än kisel-FET. Men med en enklare BOM, skulle kunderna få högre effektivitet och lägre lösningskostnader, vilket är minst lika viktigt som effektivitet.

Efter en strömlinjeformad produktdefinition, IC-design och ett fullständigt valide-



Figur 3. Den tvåfasiga 80V-buckstyrenheten ISL81806 har dubbla utgångar och är baserad på GaN-FET.



Figur 4. EPC9157 EVB med ISL81806 och fyra GaN-FET, endast analog styrning.

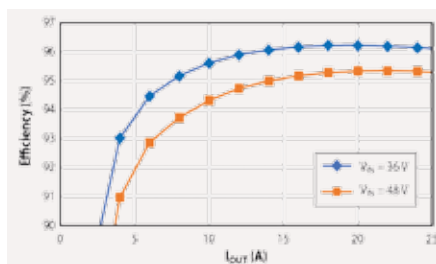
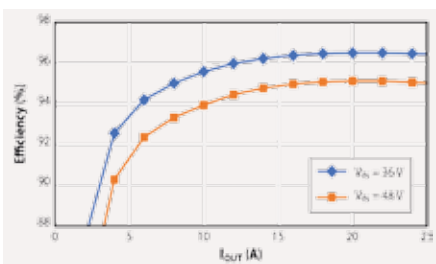
ringsarbete lyckades Renesas utveckla en 80V dubbel synkron buck-styrenhet speciellt optimerad för att driva E-mode GaN-FET, ISL81806, se figur 3.

ISL81806 använder en sammanflätad tvåfastopologi och kan parallelliseras till upp till sex sammanflätade faser för belastning på kilowattnivå utan behov av extern digital styrning för fördelning av faserna.

ANDRA FUNKTIONER:

- Det breda V_{in} -omfånget, 4,5–80V, tillåter telekomapplikationer
- Den har ett brett V_{out} -område: 0,8–76V

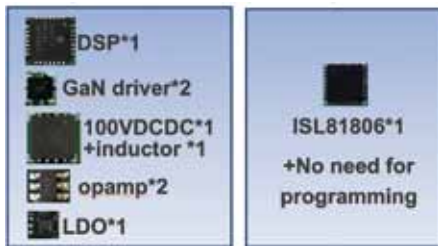
- Utgången stöder konstant spänning och ström
- En bred omkopplingsfrekvens: 100 kHz–2 MHz
- Diodemulering och burst-läge vid lätt belastning och forcerat PWM-läge
- Shoot-thru-skydd, OCP, OVP, OTP, UVP
- Oberoende EN och mjukstart för varje utgång
- Gate-enhet och dödtid optimerad för enhancement-mode-GaN-FET:ar



Figur 5. Effektivitetsjämförelse. Till vänster EPC9143 med DSP och till höger EPC9157 med ISL81806.

EPC OCH RENESAS utvecklade en ny referenskonstruktion, EPC9157 (se figur 4), utformad med samma sammanflätade tvåfastopologi och sextondelsbricka som DSP-lösningen i figur 2. Kortet klarar dessutom samma ingångsspänning, utgångsström och 500 kHz-frekvens som DSP-lösningen. Kortet är på väg att klassas för 80V-ingång.

Skillnaden i effektivitet mellan den digitala och den analoga EVB:n visas i figur 5. De ligger ganska nära varandra vid toppeffekten. Den analoga är effektivare vid lätt belastning, delvis för att den enda analoga styrenheten förbrukar mindre (50 μ A) än de



Figur 6. BOM-skillnaden.

sju kretsarna i DSP-lösningen, och direkt kan använda 12V-utgången som extern förspänning för IC-matningen.

Figur 6 visar de viktigaste BOM-skillnaderna mellan de digitala och analoga lösningarna (passiva komponenter utelämnade). Det syns tydligt att den analoga lösningskretsen BOM är mycket enklare, bara kräver en IC och inte kräver någon programmering.

Även om ISL81806 redan erbjuder klassens bästa effektivitet, storlek och BOM, finns fortfarande utrymme för förbättringar. Precis som GaN-FET-tekniken har utvecklats snabbt under de senaste åren, står också Renesas-teamet inför nya utmaningar och möjligheter.

NÅGRA AV DE MÖJLIGA riktningarna för framtida utveckling:

Förbättrad breakdown-spänning

100V skulle kunna vara ett föredra för både fjärransluten AAU såväl som för kortmonterade brickor, särskilt för telekom med långa kablar, för att bli mer robust.

Starkare och separerad gate-drivning

Starkare gate-drivning skulle vara önskvärt för högre effektivitet. Detta skulle dock också ge ett mycket snabbt dV/dt , vilket skulle riskera att skada kretsen om det skulle skapas en negativ spänning ur oönskad ströinduktion orsakad av att layouten är icke-ideal. Separat på och av kan vara önskvärt för att optimera omkopplingshastigheten.

Liten kapsling för layoutoptimering

GaN-leverantörer rekommenderar liten kapsling, som CSP eller BGA, utan förlängda stift, för att ytterligare minska ströinduktion i systemet. Vissa tillämpningar i svåra miljöer kan dock inte använda CSP eller BGA.

Processförbättring

Omkopplingen måste vara mycket robust för att kunna hantera hög dV/dt ($> 200V/ns$) och negativ spänning under omkoppling. Den interna bootstrap-dioden kanske föredrar en Q_{rr} nära noll för att möjliggöra högre frekvens. Krav som dessa kan sätta press på kretstillverkaren att förbättra sina processer.

Mer om av döttidsoptimering

Av säkerhetsskäl krävs kort döttid mellan avstängningen av höga sidan och påslagningen av låga sidan. Under döttiden är det GaN-FET:ens så kallade "kroppsdiod" som leder lastströmmen. Ledningsförlusterna ökar och bootstrap-kondensatorn kan överladdas till den punkt att den skadar enheten. Vissa DC/DC-kretsar har programmerbar döttid, ibland via ett stift, vilket flyttar över ansvaret till kretskonstruktören. Smartare kretsfunktioner kunde vara önskvärda i framtiden.

Addera till flexibilitet för att anpassa till alternativ GaN-teknik

Många GaN-FET:ar skiljer sig från varandra i sin konstruktion, till skillnad från vanlig kisel-FET. Till exempel kan den rekommenderade gate-spänningen variera ganska mycket mellan olika tillverkare vilket kan bli problematiskt eftersom de måste skyddas vid olika OVP-nivåer. Gate-drivspänningen kan behöva vara programmerbar.

Framtiden verkar ljus för GaN-FET. En dag kan de komma att utgöra en "drop-in"-ersättning för kisel-FET till ett rimligt pris och med mycket bättre prestanda. Styrkonstruktioner som ISL81806 ovan hjälper till att göra det till verklighet och ytterligare produktutveckling är på väg. ■