



# Mindre plats för TI,

*TI krymper de omvandlare som dominerar ytan på dagens kort*

**T**änk om du kunde krympa kortets nätaggregat till 20 procent av storleken, eller kanske ännu mer! Ok, de flesta slutanvändare skulle knappast bry sig, eftersom de överhuvudtaget inte är särskilt intresserade av omvandlare, trots att sådana kan använda upp till halva kortytan i ett elektroniskt system. Men bortsett från det – med fyra femtedelar av nätaggregatets yta borttrollad, skulle många produkter kunna byggas mycket mindre och lättare. Eller så kunde de byggas lika stora som förut, men med utrymme över för att addera ny kraftfull funktionalitet.

En såpass drastisk nedskalning av systemet är faktiskt möjlig med hjälp av en ny kapacitiv konverterings-topologi för nätaggregat från Texas Instruments (TI). Tekniken är konstruerad för step-down-tillämpningar där ingångseffekten omvandlas från en högre till en lägre spänning, och möjliggör en mycket högre arbetsfrekvens än tidigare liknande chips. TI:s första integrerade kretsar med den nya topologin – som är de första av sitt slag i branschen – är inriktade mot infrastruktur för kommunikation, masslagring och test- och mät-tillämpningar.

**FÖR TÄTT PACKADE** system av det slaget, erbjuder dessa nya buck-omvandlare (kretsar som sänker och reglerar spänningen på kortet) mellan fem och sju gånger högre packningsgrad, vilket betyder att tillverkare kan erbjuda mycket mer funktionalitet utan att behöva bygga ut systemet. Buck-



## Av Pradeep Shenoy och Rich Nowakowski, Texas Instruments

**Pradeep Shenoy** är systemingenjör kring dc-lösningar med fokus på konstruktion av POL-regulatorer. En doktorsexamen i elektroteknik har han från Illinois-universitetet i Urbana-Champaign och han är aktiv i IEEE Power Electronics Society. Kilby labs är en tidigare arbetsgivare.



**Rich Nowakowski** har sedan år 1999 jobbat som produktmarknadschef för dc/dc-omvandlare på TI:s division för strömstyrningprodukter. Han har utbildning i både ekonomi och teknik: en masterexamen i Business Administration och en kandidatexamen i elektroteknik; båda från North Dakota State University.

omvandlare har inte förändrats mycket i storlek på många år, så framtida TI-produkter planerade för andra tillämpningsområden kan tänkas komma att kunna dra ännu större nytta av framstegen.

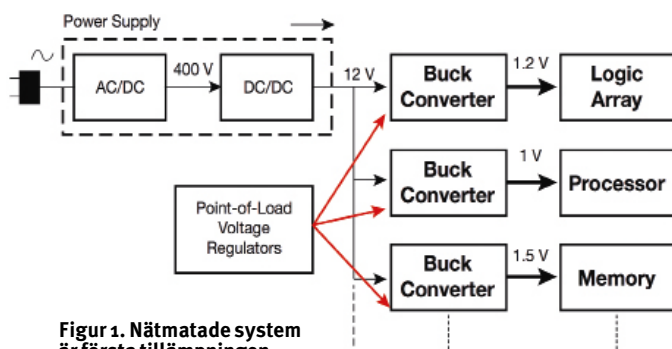
Elektroniska system drivs med ström från antingen batteri eller yttre strömkälla. I sinom tid kommer också batteridrivna system att kunna dra nytta av den nya topologin, men de första produkterna är inriktade mot strömmatade system, som i figur 1. Som diagrammet visar är effektomvandling ofta en flerstegsoperation, i synnerhet när matningsspänningen är mycket större än de spänningar som används av komponenterna på kortet. Strömförsörjningen i den streckade linjen till vänster i diagrammet hittar du oftast i närheten av produkten i form av dosan på strömkabeln, medan buck-omvandlarna sitter på moderkortet självt. Varje omvandlare tar en mellanspänning (här 12 volt) och stegar ner den till en lägre spänning för systemets komponenter. I vissa system kan man bryta ner den streckade rutan och ombordomvandlarna till fler omvandlingsteg med ytterligare mellanspänningar.

Ett sätt att minska den totala storleken på strömförsörjningen är att använda färre

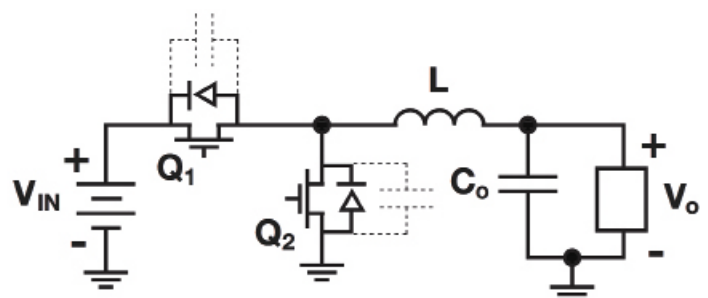
konverteringsteg, vilket låter sig göras när kvoten mellan inspänning och utspänning ( $V_{IN}$ -till- $V_{OUT}$ ) är stor. I förhållandet tio-till-ett kan man stega ner en 12-V-ingång till en 1,2-V-utgång, medan förhållandet fem-till-ett betyder att den kan tas ner till 2,4 V, men inte längre. Det betyder att om en komponent på kortet kräver 1,2 V, så spar tio-till-ett-omvandlaren utrymme genom att den helt enkelt tillhandahåller omvandlingen i bara ett enda steg.

**ETT ANNAT SÄTT** att krympa strömförsörjningen är att omdimensionera komponenterna i omvandlarna. Med tanke på att nätaggregat tar 30 till 50 procent av utrymmet i många system, finns betydande potentiella utrymmesbesparingar att göra. Men att banta buck-omvandlare har inte varit det lättaste, som följande avsnitt kommer att förklara. Det finns dessutom ytterligare en viktig konstruktionsutmaning: att strömförsörjningen ska ge en hög utström, så att omvandlaren kan driva ensamma enheter med hög strömförbrukning, som en mikrostyrkrets, eller multipla enheter med lägre strömförbrukning.

TI:s nyskapande buck-omvandlare möter nämnda utmaningar och kan leverera



Figur 1. Nätmatade system är första tillämpningen.



Figur 2. Så arbetar en buckomvandlare.

# mer plats för dig

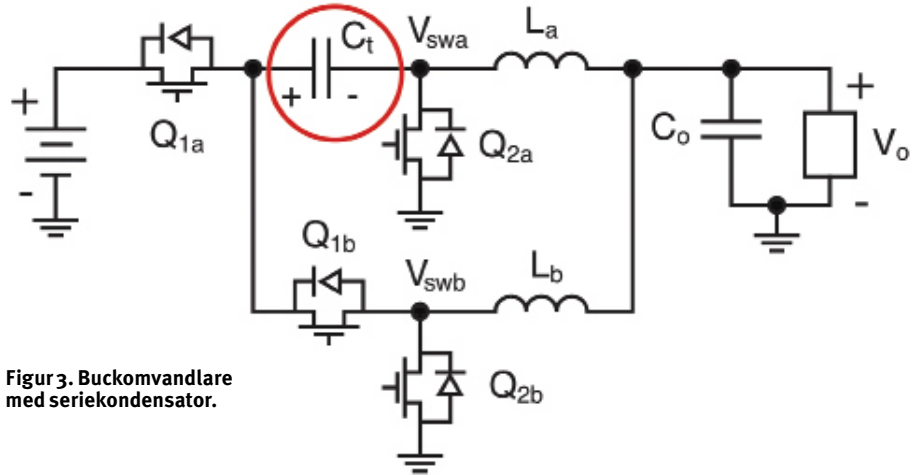
hög frekvens, hög kvot mellan spänningsingång och utgång, och hög utström. TI: s kapacitiva omvandlingstopologi krymper storleken drastiskt, utan att göra avkall på effektiviteten. Detta möjliggör innovativa tillämpningar som är mindre till ytan, väger mindre och packar fler funktioner och mer prestanda i samma utrymme. Den nya omvandlaren minskar också BOM-kostnaden och kan därmed hjälpa till att minska den totala systemkostnaden.

**BUCK-OMVANDLARE** är switchade nätaggregat som används för att stega ner inspänning till lägre utspänning. Inspänningen ( $V_{IN}$ ) slås på och av mycket snabbt, varefter en induktor och andra komponenter jämnar ut pulserna till en kontinuerlig utgångsspänning ( $V_{OUT}$ ) som är proportionell mot den tid  $V_{IN}$  är påslagen. Om  $V_{IN}$  exempelvis är påslagen 25 procent av tiden, bör  $V_{OUT}$  teoretiskt vara 25 procent av inspänningen (spänningsfallet är fyra-till-ett). Dock är processen inte hundra procent effektiv eftersom kretsarna oundvikligen förlorar energi under spänningsväxlingen.

Komponenterna i en grundläggande buck-omvandlare visas i figur 2.  $L$  är induktansen,  $C$  är en utgångskondensator, och  $Q_1$  och  $Q_2$  är fälteffekttransistorer (FET:ar) som omväxlande slår på och av spänningsingången för att skapa de två faserna i driften.

**INDUKTORERNA BIDRAR INTE** bara till effektförlusterna utan är också stora, tunga komponenter som tar upp lika mycket yta som resten av komponenterna tillsammans. De tar plats i tre dimensioner, alltså både på höjden och på tvären. Induktorns storlek är omvänt proportionell mot frekvensen vid vilken strömförsörjningen slås på och av, vilket innebär att mindre induktorer kan användas vid högre frekvenser. Men högre frekvenser skapar också större effektförlust i växlingen, vilket gjort att högfrekventa omvandlare haft mycket lägre verkningsgrad.

En annan faktor som är svår att hantera vid höga frekvenser är den korta tid som signalen är påslagen vid början av varje



Figur 3. Buckomvandlare med seriekondensator.

puls. Tiden är ett problem när kvoten mellan  $V_{IN}$  och  $V_{OUT}$  är hög, eftersom signalen är påslagen under endast en bråkdel av pulsen. För till exempel ett spänningsfall på tio-till-ett med en signal på 2 MHz, är spänningen påslagen endast 50 nanosekunder. För många omvandlarkonstruktioner är detta inte tillräckligt med tid för att noggrant kunna styra driften.

**KONSEKVENSEN AV DETTA** har varit att de flesta buck-omvandlare tvingats arbeta under 1 MHz, och typisk vid betydligt lägre frekvenser. De som använt högre frekvenser har haft en låg kvot mellan  $V_{IN}$  och  $V_{OUT}$ , med längre pulser som ger mer marginal för on-tiden. Dessutom har dessa komponenter på grund av effektförlusten vid höga frekvenser gett låga utgångsströmmar, vilket begränsat vilken typ av och hur många komponenter de kunnat driva. Begränsningen i arbetsfrekvens har gjort att buck-omvandlarkonstruktioner inte varit skalbara på grund av tvånget att använda stora induktorer och andra komponenter.

Införandet av en seriekopplad kondensator, och andra kretsmodifieringar som stöder kapacitiv konstruktion, löser problemen med de höga frekvenserna. I det följande kommer att diskuteras hur denna nya omvandlarkonstruktion skiljer sig från tidigare och hur den uppnår sina målsättningar att ta ett begränsat utrymme, och att gha-

hög spänningkvot och ge hög ström.

Figur 3 visar en buck-omvandlare med en två-fas-seriekondensator. En stor skillnad mellan denna konstruktion och figur 2 är att den här har två parallella sektioner (eller faser), som var och en har sin egen induktor ( $L_a$  och  $L_b$ ). Det finns också ytterligare strömställare som styr energiflödet genom den andra fasen.

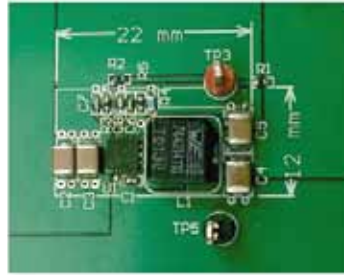
**ALLTEFTERSOM KONDENSATORN** växelvis laddas upp och laddas ur, och FET-switcharna ( $Q_{2a}$  och  $Q_{2b}$ ) öppnas och stängs, flyter strömmen växelvis genom de två induktorerna i fyra tidsintervall och upprättar en steady-state-utsignal på lämplig nedstegad nivå. Spänningen över kondensatorn är nominellt 50 procent av  $V_{IN}$ , för att minimera effektförlusterna under switchningen, eftersom mindre spänningsvariation ger mindre effektförlust per cykel. Detta möjliggör användning av en högre omkopplingsfrekvens, vilket i sin tur gör det möjligt för induktorer och kondensatorer att skalas ned, vilket i sin tur spar utrymme och vikt. Andra fördelar som bidrar till att förbättra utsignalens kvalitet och minska konstruktionens komplexitet är minskat strömrippel i induktorerna, automatisk strömbalansering mellan induktorerna, mjuk laddning och urladdning genom kondensatorn, dubbelt så lång tid i påslaget läge, och ett utmärkt transientsvar vid belastning. Alla



dessa fördelar hjälper till-sammans till att övervinna de hinder som finns mot att konstruera små högfrekventa spänningsregulatorer.

TI:s första erbjudande med denna kapacitiva omvandlingstopologi är step-down buck-omvandlaren TPS54A20 SWIFT. Den ger point-of-load-spänningsreglering både i system med hög densitet, såsom kommunikationsinfrastruktur och datalagring, såväl som i kompakta system med höga prestandabehov, såsom test- och mätutrustning. Tillverkaren kan utnyttja de 10 A som omvandlaren levererar till att driva mycket systemfunktionalitet. Den höga konverteringskvoten minimerar antalet effektsteg och förbättrar den totala verkningsgraden i systemet. Verkningsgraden är över 90 procent – lika hög som i andra buck-omvandlare.

**TPS54A20-OMVANDLAREN** innehåller hela den konstruktion som visas i figur 3, utöver passiva komponenter. Figur 4 jämför utrymmet som tas i anspråk av en konventionell buck-omvandlare på 500kHz, med den nya omvandlaren på 2MHz. Notera att en stor del av skillnaden beror på den



Figur 4. Mindre, snabbare och billigare med högre frekvens.

mindre induktorn. Induktorerna i den nya konstruktionen är en tolfedel av de i konventionella konstruktionener och potentiellt dessutom mycket billigare. Termiska studier visar god värmedissipation i den mindre konstruktionen, trots den högre frekvensen.

**SYSTEM MED DEN NYA** kapacitiva omvandlingstopologin får tre till sju gånger högre densitet, vilket betyder att rackmonterade kort med fasta dimensioner kan packa fler funktioner i samma utrymme. Induktorerna i den nya omvandlaren är så små att nättagregat för första gången kan placeras på kortets undersida, där spelrummet är begränsat, och därmed frigöra värdefullt ut-

rymme på ovansidan för andra kretsar. Innovativ kapacitiv omvandling har potential också bortom rackmonterad utrustning. Allteftersom fler buck-omvandlare utvecklas, kommer de att gynna tillämpningar i båda ytterligheterna; både i högspänd industri- och fordonslektronik och i lågspända bärbara tillämpningar, inklusive wearables. Tekniken kan även omarbetas för att konstruera step-up- eller boost-omvandlare, som höjer spänningen i stället för att minska den, som buck-omvandlare gör. Seriekondensatorkonstruktionen är så signifikant, inte bara genom sin användning i vissa tidiga produkter utan även i sin stora potential på lång sikt, att den ligger till grund för flera patentansökningar. ■