aktuel elektronik

Nr. 11 - November 2025 - Årgang 47

Design | Udvikling | Produktion | Embedded | IoT | Test | Måling



Cyber Security har aldrig været vigtigere

Energi | Industri | Forsvar | Medico

Prevas



MESSE/EOT

Elektronikken der skal reparere vores verden

Reportage fra Electronics of Tomorrow, siderne 4-17

PRODUKTION

Nu producerer BR Electronics komponenter



BR Electronics har for nylig købt Vig-virksomheden Trafotek, der er kendt for at fremstille spoler af meget høj kvalitet til blandt andet aerospace- og jernbaneformål. På længere sigt vil produktionen blive flyttet til et kommende hovedkvarter i Stenløse.

Side 2

MESSE



(Foto: Messe München).

Kompakt og overskuelig Productronica igen i 2025

Trods USA's "chips-act" og en udsigt til snarlig allokering på grund af et forventet behov for enorme datacentre til AI-opgaver verden over er Productronica endnu en gang udlagt "forsigtigt". Back-sourcing og mere automatisk elektronikproduktion vil dog tiltrække både udstillere og besøgende.

Side 27



KOMPONENTER/POWER

Morgendagens effektelektronik



Halvlederproducenter som Toshiba investerer for tiden storstilet i produkter og processer, der skal give "Excellence in Power" for elektronikken i det næste århundrede. Vi har modtaget et kig ind i fremtiden fra Armin Derpmanns, der er mangeårig vicedirektør for marketing og drift hos Toshiba Electronics Europe GmbH.

Side 26

HÅRDT ELLER BLØDT?

Vi udvikler det indviklede

software - elektronik - mekanik

CIRCLE CONSULT

NÆRUM AARHUS SØNDERBORG ODENSE OSLO

WWW.CIRCLECONSULT.DK 45 56 10 56

Nu producerer BR Electronics komponenter

BR Electronics har for nylig købt Vig-virksomheden Trafotek, der er kendt for at fremstille spoler af meget høj kvalitet til blandt andet aerospace- og jernbaneformål. På sigt vil produktionen blive flyttet til et kommende hovedkvarter i Stenløse

Af Rolf Sylvester-Hvid

Det er ikke, fordi Danmark ligefrem har været velsignet med et stort antal producenter af komponenter, men nogen er der da. Blandt andre Trafotek i Vig, der er kendt for at fremstille trådviklede komponenter og systemer baseret på disse komponenter i en meget høj kvalitet til blandt andet jernbane- og aerospace-applikationer. Og det har Trafotek gjort i mange år – faktisk med den oprindelige besætning, og deri ligger der nok ét af de problemer, som kendetegner flere virksomheder inden for dansk elektronik. Vi bliver måske smukkere og klogere, men yngre bliver vi ikke i branchen. Som så mange andre har Trafotek puslet med tanken om et generationsskifte og fornyet ejerskab, og under BR Electronics er det nu blevet en realitet.

- Vi har i august købt virksomheden, da de fire medarbejdere i Trafotek alle går i pensionstanker. Det er samtidigt en oplagt mulighed for BR Electronics for at begynde en produktion af komponenter på dansk grund, hvilket der er noget dybt tilfredsstillende i. Det er ikke nogen hemmelighed, at vi længe har drømt om at supplere distributionen med fremstilling af komponenter, og netop inden for de sikkerhedskritiske former for komponenter, som Trafotek i mange år har fremstillet, giver det rigtig god mening, at produktionen forbliver på danske hænder, lige som Trafoteks produkter faktisk stemmer fint overens med vores ønsker om certificeret høj kvalitet, indleder BR Electronics direktør og indehaver, Nikolaj Valbak, under vores besøg i virksomheden, der endnu ligger i Skovlunde.

Med ordet "kvalitet" skal man lige have i tankerne, at BR Electronics i flere år har været med i det nordiske AS9100-samarbejde. AS9100 står jo som en garant for kvalitet fra øverste hylde, hvilket ikke mindst har stor værdi, hvis der er tale om produkter til forsvaret eller andre kritiske applikationer. Men for industrielle kunder er AS9100 også en blåstempling af de involverede virksomheder, og så spørger kunderne sjældent om andre kvalitetsgarantier. AS9100 siger rigtig meget. Det er også tanken, at Trafotek skal følge AS9100-vejen med en fuld certificering og dokumentation. Trafoteks komponenter er som nævnt kendt for en kvalitet til de mest fordringsfulde kunder, men kvaliteten har sådan set aldrig været dokumenteret så intensivt, som AS9100 kræver.

> Der er meget håndværk forbundet med at fremstille komplekse trådviklede produkter, men gennem automation vil vi ganske sikkert kunne gøre produktionen meget rationel. Det vil gøre det muligt at fremstille komponenter i større styktal til konkurrencedygtige priser – også selv om komponenterne overvejende sælges til sikkerhedskritiske kunder.

Synergi og procesoptimering

Visse dele af produktionen fra Trafotek er allerede overflyttet til BR Electronics, og det giver også god mening, da mange af BR Electronics' kunder også køber komponenter hos Trafotek. Det giver som udgangspunkt en fin synergi. Produktionen fortsætter overvejende og generelt i Vig, indtil det på et ikke angivet tidspunkt giver mening at samle aktiviteterne i det kommende 500 kvadratmeter store hovedkvarter i Stenløse. Nikolaj Valbak satser på, at man i stigende grad vil forsøge at automatisere og procesoptimere fremstillingen af de spoleviklede komponenter.

- Der er meget håndværk forbundet med at fremstille komplekse trådviklede produkter, men gennem automation vil vi ganske sikkert kunne gøre produktionen meget rationel. Det vil gøre det muligt at fremstille komponenter i større styktal til konkurrencedygtige priser – også selv om komponenterne overvejende sælges til sikkerhedskritiske kunder. Vi regner selvfølgelig med, at Trafotek-komponenterne vil kunne vokse på omsætningen, selv om vi selvfølgelig er klar over, at det primært er til de mindre serier og prototypeformål, at vi for alvor har en berettigelse, vurderer Nikolaj Valbak.

Mange producenter vil ikke røre ved de mindre styktal, så fra internationale leverandører kan det være svært at finde konkurrerende komponenter til Trafoteks. Men det gør nu heller ikke så meget. Netop kvaliteten og de applikationer, hvori de trådviklede komponenter og løsninger fra Trafotek indgår, gør en produktion på dansk grund så umådeligt interessant – også for BR Electronics.



Nikolaj Valbak har et ønske om at holde mest mulig produktion på danske hænder. Kombinationen af dyb teknisk viden og egne produktionsfaciliteter er meget stærk. Med BR Electronics' overtagelse af Trafoteks produktion af spoler, transformatorer, sensorer og filtre forbliver fremstillingen af de – ofte – sikkerhedskritiske komponenter i Danmark.



TechMedia
Naverland 35
2600 Glostrup
Telefon 43 24 26 28

Ledelse:
David Wall

aktuel elektronik

Formål:
At give det danske elektronikmarked koncentreret og nyhedspræget brancheinformation om relevante forhold, herunder produktomtaler.

Redaktion:
Rolf Sylvester-Hvid (ansvh.)
Jørgen Sarlvit-Larsen

Bladsekretær:
Pia Nielsen
pn@techmedia.dk
Tlf. 43 24 26 72

Layout:
Helle Hansen

Annoncer:
Johnny Elmeskov
je@techmedia.dk
Tlf. 43 24 26 65

Annonceproduktion:
Nicoline Plass
np@techmedia.dk
Tlf. 43 24 26 82

Abonnement:
Bestilling og ændring/opsigelse skal sendes til:
abonnement@techmedia.dk

Produktion:
TechMedia A/S

Tryk:
OTM AVISTRYK

Udkommer:
12 gange om året

Antal abonnenter:
5.775 stk.

ISSN 0105-2373 (tryk)
ISSN: 1901-4449 (online)

Citater fra Aktuel Elektronik skal ske med tydelig kildeangivelse. Enhver form for gengivelse af artikler, herunder illustrationer, forudsætter udgiverens skriftlige tilladelse.

Redaktionen kan ikke påtage sig ansvaret for materiale, der indsendes uopfordret.

Læs bladet online via www.aktuelelektronik.dk

Scan og kom direkte til seneste udgave

Scan og hent aktuel elektroniks medieinformation 2025 hér!

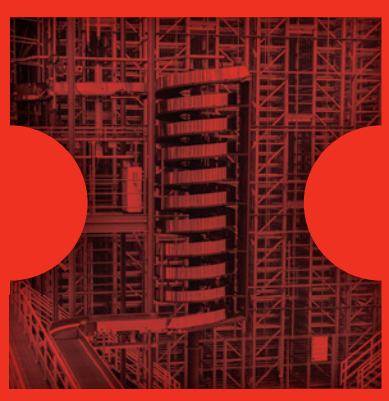
Scan med kameraet på din smartphone















Din tillid er vores mål

Vær sikker på, at DigiKey vil give dig det, du har brug for, når du har brug for det, fra ægte, producentgaranterede komponenter til millioner af reservedele på lager, der sendes samme dag.

Besøg digikey.dk i dag eller ring til (+45) 35 15 85 67

DigiKey

we get technical

DigiKey er franchise-distributør for alle leverandørpartnere. Nye produkter tilføjes dagligt. DigiKey og DigiKey Electronics er registrerede varemærker tilhørende DigiKey Electronics i USA og andre lande.
© 2025 DigiKey Electronics, 701 Brooks Ave. South, Thief River Falls, MN 56701, USA

ECIA MEMBER
Supporting The Authorized Channel

Vi er nødt til at reparere vores verden

Udvikling og produktion af elektronik er underlagt nogle helt andre forhold end for blot fem år siden. Ikke mindst den geopolitiske situation har fuldstændigt ændret fokus på skalérbarheden af elektronikproduktion til forsvaret og en lynhurtig omstilling fra produktudvikling til fuld produktion



Ifølge Flemming Splidsboel fra DIIS er der sket noget meget ubehageligt med de trafikregler, det internationale samfund følger. Vi bliver nødt til at reparere vores verden gennem teknologi, produktion – samt en god portion is i maven.

Af Rolf Sylvester-Hvid, EOT, Herning

Når man oplever, at selv Enhedslisten kræver, at vores forsvar skal styrkes, så ved man, at noget ikke er helt godt i verden. Det er nu godt 3½ år siden, at Putins Rusland angreb Ukraine, men kampene hænger fortsat fast i de tre østligste provinser i Ukraine – samt selvfølgelig på Krim-halvøen, som Rusland annekterede i 2014. Det mest skræmmende er ikke, at Rusland fortsætter krigen i Ukraine efter et tab af over en million russiske mænd, men at der er ved at bliver opbygget en militær reserve, som man kan frygte vil blive sat ind mod et NATO-land.

- Der er sket noget meget ubehageligt med de trafikregler, det internationale samfund følger. Når både Rusland og Trump-USA taler om territoriale udvidelser, så ligner det overgreb på Folkeretten. Men begge dele bryder den etablerede samfundsorden, og hvor Rusland nok med alle midler prøver at nedkæmpe den vestlige verden, vil USA omvendt prøve at fastholde det kendte billede – om end med andre midler end de metoder, som vi i Europa hidtil har været vant til, indleder Flemming Splidsboel, der er seniorforsker hos DIIS, konferenceprogrammet under EOT.

Han påpeger, at sanktionspakkerne virker mod Rusland, men omvendt har det russiske – tør vi sige det – diktatur en større økonomisk modstandskraft trods de 19 europæiske tiltag, end man indledningsvis nok havde regnet med. Der er desværre også penge i at indføre europæiske varer bagom sanktionerne, og det får aktører i mere tvivlsomme lande til at omgå sanktionerne. Det skal vi være bevidste om i Europa – også inden for elektronikindustrien – så vi holder styr på vores supply chain. Vestlig teknologi må selvfølgelig ikke bidrage til den russiske krigsindsats.

- Vi er i færd med at ændre mange af vores strukturer til en favorisering af egne teknologier og egen produktion. Det betyder blandt andet, at EU-udbud ikke kommer i spil som tidligere, men i stedet vil lokale, vestlige aktører blive favoriseret i mange forskellige industrier. Det er på sin vis ikke nyt, for EU har allerede haft sine forbehold i forhold til Kina, men vores hjemlige produktion vil uden tvivl få endnu flere opgaver. Vi skal også lette vejen for startupvirksomheder, så gode idéer hurtigt kan forvandles til produktion i stor skala, vurderer Flemming Splidsboel.

Vi må ikke glemme, at Europa i Asien har gode venner i Sydkorea, Japan og på Taiwan, og specielt med henblik på Kinas sabelraslen i øst har de vestligt



Bo Lybæk, direktør for GPV (midt-venstre), under en paneldebat med Rasmus Bisgaard, forretningschef for Nvidia (tv.), og Pascal Bornet (midt-højre), der er AI- og automationsekspert med en række bogudgivelser i bagagen, i debat om den globale produktion, supply chain og AI i automationsmiljøet modereret af Clement Kjersgaard (th.).

orienterede lande i Fjernøsten fundet sammen, men Trump er faktisk ved at ødelægge det fællesskab gennem sin afskrivning af den etablerede internationale orden, så Sydkorea i stigende grad nærmer sig Kina. Flemming Splidsboel ser faktisk Trump som en større trussel mod den etablerede verdensorden end både Kina og Rusland. Hvor de sidstnævnte så at sige vil "ommøblere huset", er Trump i gang med at smadre huset …

Mobilitet i produktionen

- Det er ikke første gang i nyere tid, at verden er blevet vendt på hovedet. Det er trods alt kun fem år siden, at covid-19 lagde hele det globale samfund ned, og det krævede nogle meget hurtige ændringer af alt inden for elektronikken. Det kom fuldstændigt bag på os, men det interessante var, at forbruget af elektronikprodukter steg eksplosivt, og så måtte den globale produktion følge med – også trods de barrierer, som covid-19 medførte. Vi har lært af covid-19, og på sin vis står vi i dagens geopolitiske miljø med en tilsvarende radikal ændring af elektronikproduktionen. Vi kan ikke længere



frit flytte varer mellem øst og vest, og med Trumps toldpolitik står vi over for en besynderlig situation, indleder Bo Lybæk, direktør for GPV, under en paneldebat med Rasmus Bisgaard, forretningschef for Nvidia, og Pascal Bornet, der er AI- og automationsekspert med en række bogudgivelser i bagagen.

Hvor covid-19 førte til en desperat mangel på komponenter og følgende redesign af en lang række elektronikprodukter mod alternative centrale komponenter, har Trump og Putin givet tilsvarende ændringer, men af helt andre årsager. Ifølge Bo Lybæk er der i dag kinesiske producenter, som bevidst designer amerikanske komponenter ud af deres konstruktioner på grund af toldmurene. Men også europæiske designs bliver ændret for at omgå toldsatser og andre restriktioner på verdensmarkedet. Produkterne migrerer nu med markederne, ikke som følge af forbrugernes ændrede mønstre, men på grund af regulatoriske krav.

Netop EU's regulering af markedsmekanismerne er Europas helt store akilleshæl. Både Kina og USA spytter trecifrede milliardbeløb – i dollars – i udvikling og produktion af nye chips, men EU allokerer slet ikke de samme beløb til komponentindustrien. Europæiske komponentkoncerner adskiller sig fra de amerikanske og asiatiske ved, at de ofte er tudsegamle. Infineon udspringer af Siemens, NXP af Philips og STMicroelectronics af SGS- og Thomson-firmaerne. Men de repræsenterer de få i en verden, hvor USA måske har flere hundrede halvlederproducenter og Asien endnu flere.

- AI ændrer billedet af den globale udvikling og produktion, for i mange startups kan man let anvende AI til produktudvikling og dermed også som genvej til de endelige produkter. Så det giver et stort behov for chips, vurderer Rasmus Bisgaard.

Bo Lybæk tilføjer, at man tidligere fuldstændigt blindt designede de amerikanske chips ind i hvad som helst, men med den sværere adgang til amerikanske komponenter bør man måske overveje lokale alternativer. Også som følge af det trusselsbillede, der blev belyst under Flemming Splidsboels foregående indlæg, gør en ændring af udviklings-, produktions- og supply chain-forløbet til en nødvendighed.

Effektelektronikkens roller i et nyt Europa

Frede Blaabjerg fra Aalborg Universitet behøver nok ikke nogen nærmere introduktion for folk, som arbejder med effektelektronik. Men kender man ham ikke, kan vi oplyse, at hans indflydelse på udviklingen af effektelektronikken på europæisk plan er af afgørende betydning. Derfor er det spændende at høre hans mening om, hvordan Europas energiforsyning og brug af effektelektronik ændrer sig i en omskiftelig verden. Han vurderer på baggrund af en undersøgelse fra IRENA verdens overgang fra fossile brændstoffer til elektrisk forsyning. Fra 2020 til 2050 vil energiforsyningen skifte fra ca. 40 procent fossil forsyning og 20 procent el over til fire procent fossilt og 50 procent el. En omstilling til eldrift inden for mange sektorer vil potentielt kunne sænke energiforbruget på grund af en højere effektivitet – hvis det da ikke lige var, fordi det globale energiforbrug bare vokser og vokser. Men selv om vi må forvente en fordobling af energiforbruget fra 2020 til 2050, vil sol, vind og lagring af disse kunne levere over 60 procent af energibehovet over de kommende rundt regnet 25 år.

- Der er ingen tvivl om, at elektronikken og især effektkomponenterne har haft en afgørende rolle i overgangen til elektrisk styring af alle dele i samfundet. Transistoren, triacen, tyristoren og flere andre komponenter har givet kvantespring fremad, og der er ingen tvivl om, at vi i fremtiden vil opleve nye komponenttyper og -teknologier, som vil få en afgørende betydning for, at vi kan opnå den samfundsstruktur, vi ønsker os – og som ikke altid er lige forudsigelig, siger Frede Blaabjerg.

Han nævner datacentrene, som man nok ikke for et årti eller to siden så som nævneværdige dele af energiforsyningen. Men med streaming af dit og dat er datalagring og -flytning en langt større faktor inden for energi end eksempelvis flytrafikken. Og da man typisk i datacentre skal omforme energi fra 10kVAC-forsyningen ned til spændinger under 1VDC, som dagens processorer har brug for, skal konverteringen foregå med et absolut minimum af tab, og det udfordrer i høj grad fremtidens komponentteknologier.

- De bæredygtige energikilder er også afhængige af effektelektronikken. Prisen pr. genereret kWh er styrtdykket over en kort årrække til ca. 25 procent af udgangspunktet, og ikke mindst solenergi er blevet markant billigere at generere. Europa er trods alle gode intentioner ikke lige så hurtig til at overgå til en øget energieffektivitet som Kina. Det skyldes, at Kina følger femårsplaner defineret af ingeniører og teknikere. Hvis målene af disse planer ikke bliver opfyldt, kigger man på, hvordan man kan ændre eller forbedre teknologierne. I Europa har vi nærmere en politisk styret regulering, hvilket ikke er nær så effektivt, når det drejer sig om transformationen til bæredygtige løsninger og højeffektive teknologier, konstaterer Frede Blaabjerg.

Han er skeptisk over for en række af de modeller, vi følger i dagens samfund. Selv om den elektriske infrastruktur på mange måder giver mening, er elbilerne fortsat en faktor, der er svær at definere. Fortsætter væksten inden for elbiler med de nuværende materialer til bygning af bilerne, skal vi om 25 år bruge 42 gange så meget litium, som vi anvender i dag – samt ufattelige mængder af kobolt. De mængder kan nok blive svære at finde, så måske bør fokus flyttes mod P2X med brintbaseret flydende brændstof, højeffektive vindgeneratorer, og en anden anvendelse af materialer, teknologier og ikke mindst komponenter vil være af afgørende betydning for en velfungerende fremtidig verden …



- Vi vil i fremtiden opdage nye komponenttyper og -teknologier, som vil få en afgørende betydning for, at vi kan opnå den samfundsstruktur, vi ønsker os – og som ikke altid er lige forudsigelig, siger Frede Blaabjerg, professor i effektelektronik på AAU.

Du designer. Vi leverer.™

De nyeste produkter til dine nyeste designs



mouser.dk/new

MOUSER ELECTRONICS

Små, men meget vigtige skridt fremad for branchen

Der er langt imellem verdensrevolutionerne for tiden, men under den nuværende geopolitiske situation er stabile udviklingsforløb nu også at foretrække. Og heldigvis bevæger de mange produkter og teknologier sig også i god og vigtig retning – fremad

Af Rolf Sylvester-Hvid, HI Tech, Herning

Verden er et lidt anstrengende sted at være for tiden, og det kan være svært at vide, om de største tosser på kloden befinder sig i øst eller vest. Udviklingen på verdensmarkedet er nu strengt taget mere evolutionær end direkte revolutionerende, og det er nok meget godt. I det nuværende politiske klima vil status quo og stabilitet være så langt at foretrække. En rundgang på den nyligt afholdte industrimesse i Herning afslørede da heller ikke nogen direkte verdensrevolutioner, men i stedet en udvikling af de enkelte teknologier, der langsomt og sikkert går i den rigtige retning. "Aha-oplevelserne" var nok mere "det var godt tænkt", og de positive tendenser blev underbygget af en lang række fikse løsninger, der hver især tog kendte teknologier ét skridt – eller to – fremad.

Egentlig havde vi ikke forventet at opleve noget af nævneværdig interesse i hallen for logistikløsninger. Det er mest trucks og lignende isenkram, men så alligevel faldt vi ind på en stand, der i høj grad fangede opmærksomheden. Eternity Technology. Dem har vi ikke tidligere stiftet bekendtskab med, men den lille stand gav virkelig god mening. Virksomheden er indisk ejet, men produktionen sker af alle steder i Emiraterne. Og så fremstiller Eternity Technology blysyrebatterier. Whaaat? Hvor er det nye henne? Jo, hør nu bare hér:

- Med Quasar-batterierne har vi skabt en helt ny og meget energitæt familie af blysyrebatterier. Effektiviteten er helt oppe på 88 procent, hvor blysyrebatterier normalt er på 60 procent. Det er lidt under litium-batteriernes 94 procent, men til gengæld er prisen på Quasar-batterierne kun en tredjedel af tilsvarende litiumbatteriers. Det giver en rigtig god økonomi, og så kan vores batterier recycles næsten fuldstændigt. Vi siger 98 procent, selv om vi nok nærmere er på 100 procent. Blysyre er faktisk den grønneste batteriløsning, fordi batterierne kan genanvendes helt ned til metal og syre. Den høje effektivitet skyldes brugen af nanokulstofstrukturer på katoden og meget fine rørstrukturer i anoden. Det sikrer også en meget lav temperaturforhøjelse selv ved intens brug af batterierne, forklarer Niels Gade fra Eternity Technogies danske afdeling.

Quasar-batterierne er primært udviklet til trucks og andre industrielle køretøjer, hvor blysyreteknologiens højere vægt er en direkte fordel, men også inden for e-skibstrafik og til UPS-anlæg er de avancerede blysyrebatterier suveræne.



Niels Gade viser cellestrukturen i de højeffektive Quasar-blysyrebatterier. "Eternity" i navnet peger på, at batterierne ikke kun koster en tredjedel af den tilsvarende ydelse i litium-batterier, men også at blysyrebatterier kan recycles tæt på 100 procent – og derfor er "ægte grønne".

Standardprodukterne følger de DIN- og BCI- (US) definerede formfaktorer, og der er et stort program af batterier til en række formål. Quasar-batterierne tåler typisk i omegnen af 1800 op- og afladecyklusser.

En robot siger mere end en masse teori

Nu er det efterhånden svært at tale om batterier i Danmark uden også at nævne Actec. Randers-virksomheden har med en jævnt stigende kurve arbejdet sig op fra at distribuere batterier til professionel brug til fremstilling af prototyper og småserier af batteripakker til specifik anvendelse til nu faktisk at have fået en betydelig produktion af batterier til en række industrielle formål op at stå. Derfor er det jo også interessant at se en svejserobot i aktion på Actecs stand:

- Der er så meget teori i batterifremstilling og konstruktion af batterier til de ofte meget kompakte slutprodukter med formfaktorer, der kan være lige så geometrisk spændende, som de er specielle. Så vi havde lyst til at tage én af vores nye robotter med på industrimessen, så de besøgende på vores stand i EOT-afsnittet ved selvsyn kan se, hvordan vi med robotter kan serieproducere batterierne. Vi har for nylig købt tre ganske pebrede svejserobotter til montage af batterierne. Robotterne har den store fordel, at de er elektrisk styrede, og at vi kan dokumentere svejsestrømmen til de enkelte samlinger i batteriet. Det verificerer kvaliteten af montagen og sikrer en langt bedre konsistens og præcision i svejsningerne, end det er muligt med manuel montage, fortæller Actecs tekniske direktør, Morten Nyborg, da vi står og kigger på, hvordan robotten arbejder.

- Med robotterne er det muligt at reducere montagetiden af eksempelvis ét af vores udstillede batterier på 2kWh fra halvanden time til kun et kvarter. Det gør ikke kun produktionen langt mere ensartet, men også hurtigere og på sigt billigere, og vi får frigjort gode mandskabsressourcer til andre og mere intelligente opgaver. Robotterne medvirker til at øge dansk industris konkurrenceevne. Samtidigt kan vi fremstille batterifikstur-erne med additiv produktion og 3D-print. Det er i øvrigt spændende, at robotterne let kan programmeres til at kende forskel på plus- og minuspoler på batterierne, og de to poler kræver forskellige svejsemønstre, så det bidrager jo også til kvalitet og robusthed, tilføjer Christian Nyborg, der er Actecs administrerende direktør.

Hov, hvor er alle styringerne henne?

Automationslinjer kan godt være meget komplekse installationer med ormegårde af kabler og store kasser med

▶ *Fortsættes på side 8*





Christian Nyborg (tv.) og Morten Nyborg ved en af de tre nye svejserobotter til batteribygning, som Actec for nylig har anskaffet. Robotterne sikrer kvalitet og ensartethed i produktionen og frigør menneskelige ressourcer til mere intelligente opgaver. Det øger konkurrenceevnen i dansk industri.

hin - since 1897 mød os på PRODUCTRONICA Se mere på hin.dk

EMPOWERING YOUR MACHINERY

ODU®



Reliable connector solutions
for industrial electronics

▶ *Fortsat fra side 6*

styringer placeret lokalt under linjerne. Over de seneste år er der sket en hel del med kablingen, så der er blevet ryddet meget op i installationerne, og desuden bliver OT-niveauet både mere decentralt under industri 4.0-paradigmet og af samme årsag mere lokalt styret – også hvis kontakten til det højere hierarki i systemet (til it- eller SCADA-systemer) skulle være afkoblet.

- Vario-X er en ekstremt kompakt, men samtidigt meget ydedygtig PLC – om end det nok ikke rigtig er et dækkende ord. Udgangspunktet er faktisk en styring, der mere minder om en pc end en almindelig PLC. Udgangspunktet i Vario-X-styringen er et Linux operativsystem, der er forberedt til at kunne arbejde på tværs af både busser og protokoller som Codesys, Runtime og andre. Vi tilbyder reelt en PLC med pc-behaviour, og det giver en styring, der kan implementeres som en standalone-løsning i øjenhøjde med automationslinjen, hvor styringen ikke optager nævneværdig plads. På den måde bliver der fri luft under hele linjen, og det kan være meget bekvemt i moderne industrimiljøer, hvor der måske også skal køre autonome robotter til logistikken, siger Murr Elektroniks specialist inden for Vario-X, Alvaro Garcia-Sampedro.

I den viste opstilling styrer Vario-X PLC'en automationslinjen via Ethercat-kabling, der også rydder voldsomt op i installationen. Murr Elektronik leverer selvfølgelig konfigurerede kabler til procesautomationen, hvilket medvirker til et fejlfrit og let setup af en linje. Og når det så spiller på hardwaresiden, er konfigurationen af linjen også meget enkel med Vario-X-styringen. På grund af Linux OS og Murr Elektroniks embeddede firmware kan meget programmering foregå på højniveau – eventuelt med "sammenklikning" af ikoner på et grafisk brugerinterface. Nemt, enkelt og uden at optage plads af betydning.

Bare et lillebitte stik ...

Det er fortsat lidt nyt, at Eltrex er gået ind på det danske marked med en ganske spændende kombination af strømforsyninger primært fra Mean Well og så konnektorer fra ODU. Eltrex er en europæisk distributør, som for nylig købte Peter Holst Jensens virksomhed for strømforsyninger, og som samtidigt har en distributionsaftale i Europa med ODU – ikke at det dog ændrer på, at ODU har sin egen danske distribution. ODU Denmark og Eltrex hjælper derfor hinanden med at dække det danske marked. Eltrex har dog også andre agenturer på programmet, og det er netop under kategorien "andre", at Peter Holst Jensen

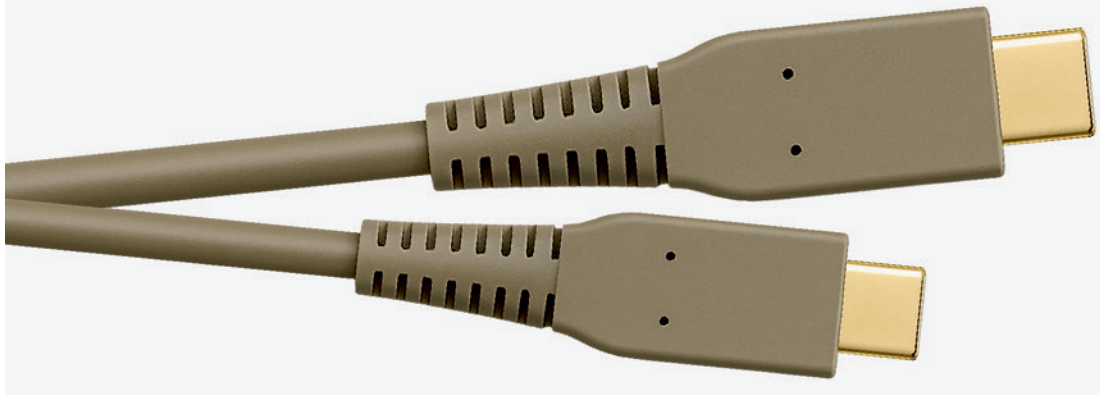


Ren magi: De store styringer under automationslinjen er væk med Murr Elektroniks Vario-C IPC decentrale og højt intelligente automationsstyring. Styringen er den lille kasse forrest, og Alvaro Garcia-Sampedro viser, at der er fri luft under linjen.

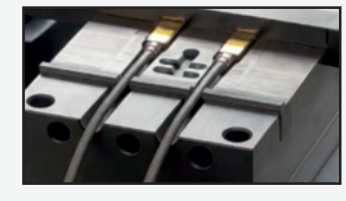
RODAN

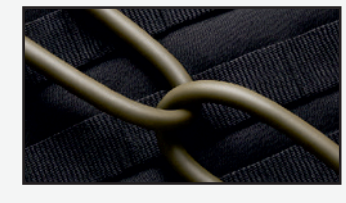
//RODANTECH.COM

Militærkvalitet – Robust USB-C kabel









Skabt til at levere maksimal ydeevne, uovertruffen holdbarhed – selv under de mest ekstreme forhold.

- Kevlar®-forstærket
- 100W Ultra-hurtig opladning
- Universal Type-C til Type-C

Kontakt os for mere information på
Tel: **+45 45 82 12 94** eller **sales@rodantech.com**

IPC.

DNV·GL ISO 9001

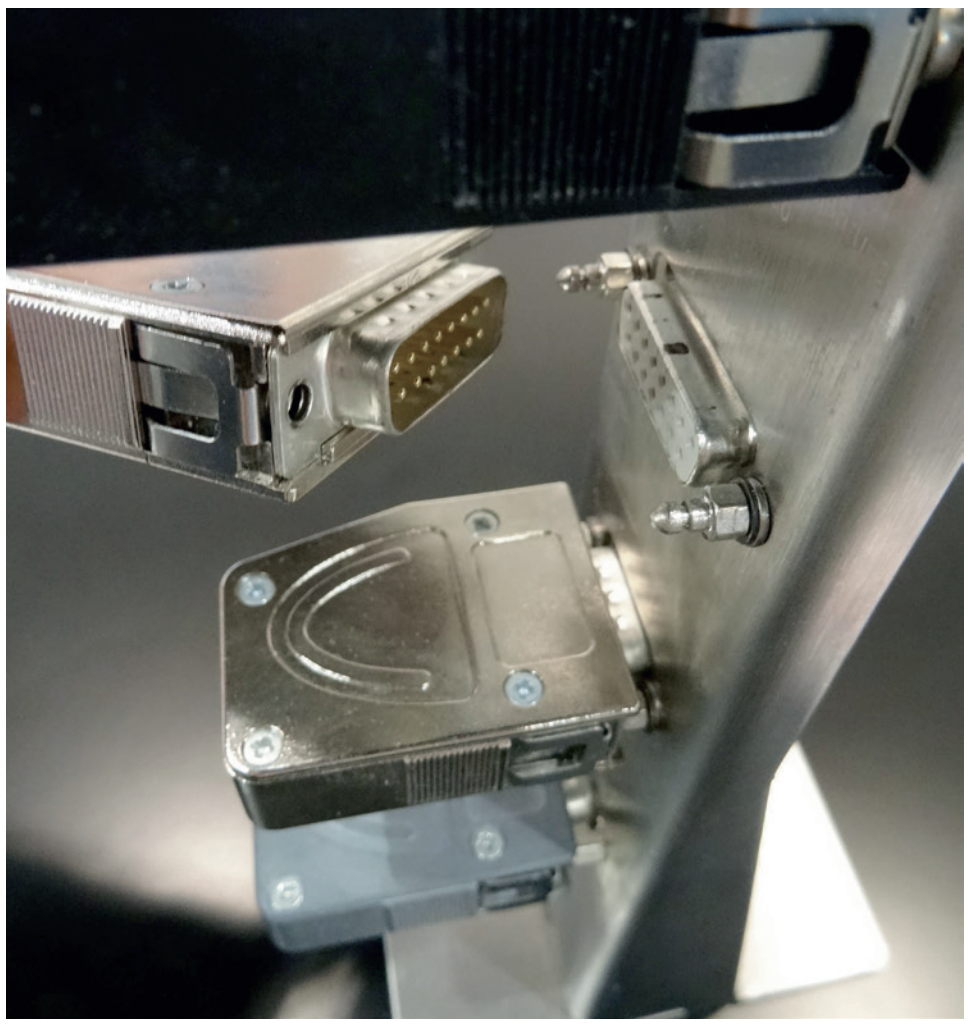
kan vise os en lille, men meget fiks nyhed:
- Alle kender nok D-Sub-konnektorerne, der har været brugt i årtier inden for pc- og datakommunikationsverdenen. Det er multi-pin-konnektorer, som bare kan konnekteres uden videre, men som ofte er låst i positionen med to fingerskruer. Inden for elektronik til jernbaner er D-Sub ganske udbredt, men i mange tilfælde er det upraktisk at skulle rode med låseskruerne. Det gælder selvfølgelig også inden for andre brancher, hvor D-Sub-konnektorer er nødvendige, men hvor elektronikken er placeret på enten mørke eller svært tilgængelige steder, fortæller Peter Holst Jensen.

Det har fået Eltrex til at tage en fiks løsning fra Provertha på programmet. Provertha leverer et par små "låsedupper" til apparatdelen, som skal konnekteres via D-Sub, og så er fingerskruerne på hanstikket erstattet af kliklåse. Sammenkobling er dermed blot et spørgsmål om at klikke hanstikket på plads i apparatet, hvorefter samlingen er betryggende låst. Adskillelse sker ved at klemme på siderne af hanstikket, og så kan man frit trække stikket ud. Det er en ret smart løsning til banebrug, men selvfølgelig i andre applikationer, hvor D-Sub er i brug, og hvor sammenkoblingen er af kritisk betydning for sikkerheden.

I øvrigt skal vi da også som en sidebemærkning fortælle, at Eltrex ved nytår øger salgsstyrken i Danmark og flytter til nye lokaler i Scandinavian Trade Center i Allerød.



Peter Holst Jensen fortæller en besøgende på Eltrex-standen om værdien af at tænke "add-on"-produkter som strømforsyninger og konnektorer tidligt ind i designet. Det kan faktisk medvirke til at ændre et givent produktdesign.



De fleste kender jo D-Sub-konnektorerne med skruebefæstning af forbindelserne. Men Eltrex-agenturet, Provertha, har udviklet en variation til banebrug, hvor to "dupper" på hundelen erstatter møtrikkerne, mens handelen har to kliklåse, som holder stikket fast, indtil man ved at klemme på siderne af stikket kan adskille forbindelsen.



More than EMS

Partnering for Technology

For us, contemporary EMS is more than production. It is about becoming a trusted and integrated part of our customers' supply chains. A true technology partner with complete and insightful understanding of their business.

We enable you and your business to accomplish more!



› **60+ years** of experience
› **14** factories in **11** countries
› More than **7,500** highly skilled and dedicated people

hīn - since 1897 mød os på **PRODUCTRONICA** Se mere på hin.dk

Lettere kodeskrivning kræver agenter

Der er et stort behov for at gøre udviklingen af elektronikken lettere. Hvad enten det drejer sig om kodeskrivning med hjælp fra agenter eller modulære systemløsninger under ét samlet partnummer, så mødes designere og distributører om hurtigere og nemmere produktudvikling

Af Rolf Sylvester-Hvid, EOT, Herning

I en tid, hvor udviklingen skal gå pokkers stærkt, og hvor ressourcerne er små – ikke mindst inden for hardwaredesign – er der brug for værktøjer, som let og hurtigt kan give den udvikling, der er brug for. Det gælder ikke mindst ved design af de LLM-projekter (Large Language Models), som man kunne komme i kontakt med. Men AI er i det tilfælde ikke målet – det er midlet. På en hands-on workshop under EOT kunne Jørgen Kragh Jakobsen fra IC Works vise, hvordan man med Verbos Claude Code eller lignende modeller kan komme rigtig langt med AI-baserede værktøjer med hurtige og billige licenser.

- Der findes rigtig mange commodity-modeller til udvikling af elektroniske produkter, og det er lidt af en jungle at finde de open source-værktøjer, der kan alt dét, man gerne vil have. Java scripts kan meget, men ikke nok i forhold til computeren, og hér er MCP (Model Context Protocol) en fin måde at lære agenter nye tricks på. Agenter behøver ikke UI (bruger-interfaces), og de kan hverken klikke eller klakke. I mange tilfælde skal man hente data fra GIT, og RAG (Retrieval-Augmented Generation) er en god model især i en MCP-forstærket version. Sammen med en transformer, som giver en bedre language-forståelse, kan RAG og MCP være en meget stærk kombination, forklarer Jørgen Kragh Jakobsen.

Sprogmodeller kan godt lide Linux, der i høj grad handler om text-in-text-out. Gemini CLI er Googles sprogmodel, men Claude Code giver en særdeles effektiv kommunikation med computeren. Jørgen Kragh Jakobsen fortæller, at Claude Code kan købes i licens for under $200 om måneden – og det virker. I et eksempel på en motorstyring er det lykkedes at få en mikrocontroller til at styre en servomotor med en ekstrem minimering af standby-forbruget uden at skrive én eneste linje kode.

- Det fine ved brugen af agenter til kodeskrivning er, at man på højniveau kan skrive linjer som "tomgangstabet må kunne gøres bedre", og det kan Claude Code så. Ret effektivt endda. I den aktuelle servomotorstyring var standby-forbruget 8mA i første forsøg, men ved at presse værktøjerne yderligere endte jeg med at opnå 400uA, hvilket ifølge databladet skulle være det optimale, man ville kunne realisere med de aktuelle komponenter, slutter Jørgen Kragh Jakobsen.

Ikke dårligt for $200 for ubegrænsede kodefunktioner.



- Sammen med en transformer, som giver en bedre language-forståelse, kan RAG og MCP være en meget stærk kombination, forklarer Jørgen Kragh Jakobsen fra IC Works.

Der er brug for en ekstra radio i mobilen

Hos Indesmatech leger Rune Domsten med tanken om at placere en ekstra radio i mobiltelefonerne. Det sker som følge af en flyvetur, som Søren Manicus fra samme firma var på mellem København og Aarhus – og hvor han på turen kunne komme i kontakt med hele 41 LoRaWAN-gateways – heraf én med en rækkevidde på 138 kilometer. Det skabte grobund for en idé om at tilføje endnu en radio og antenne til de 3-4 radioer og 6-7 antenner, der allerede befinder sig i telefonerne i dag.

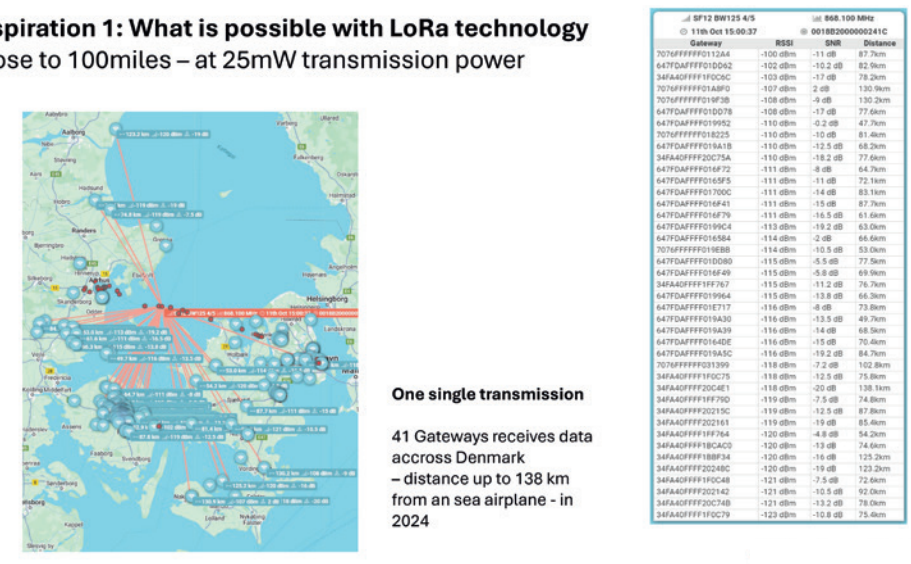
- Med den hybride krigsførelse, som mange mener, vi allerede lider under, kan samfundet blive lagt ned, hvis 5G- og Wi-Fi-nettene falder ud. I en kritisk situation kunne man sagtens forestille sig, at noget sådant kunne ske. Men det kan også være tilfældet ved dårlig netværksdækning i visse regioner. Ved at tilføje endnu en radio i håndsættet og en LR2021-kreds – enten som separat IC eller IP-blok – vil man kunne opretholde forbindelse til de mobile håndsæt på flere måder. Ved fri line-of-sight kan håndsæt indbyrdes koble sig op som walkie-talkies, men med LoRa vil det også være muligt at distribuere sms-beskeder. Det kan enten være på nationalt plan til alle håndsæt, eller opdelt i gruppe, så beredskab, politi eller brandvæsen kan arbejde inden for samme net, vurderer Rune Domsten.

LoRa har rækkevidde nok til at løse opgaven, og i en mesh-netkonfiguration kan rækkevidden blive tæt på uendelig. Man behøver ret beset ikke engang at ændre på et håndsæt. En dongle kan rigeligt løse opgaven, og det vil gøre vores landsdækkende kommunikationsnetværk langt mere sikkert.

Sshhh, fjenden kommer

Under mulige fjendtlige angreb er det vitalt, at man ikke bliver taget med bukserne nede. Nu kan vi håbe, at fremtidig sabelraslen kun bliver under øvelser og i forhold til blå eller orange styrke – eller hvem der nu pusler derude i buskadset. Skal man holde øje med fjendtlige og usynlige angreb, så har Prevas faktisk udviklet en fiks sensor til felten for – og sammen med virksomheden Bertin Exensor.

▶ *Fortsættes på side 12*



Søren Manicus registrerede på en flyvetur med vandflyveren mellem København og Aarhus kontakt til 41 LoRaWAN-gateways – i et enkelt tilfælde med en rækkevidde op til 138 kilometer. LoRa er oplagt som tilføjelse til mobiltelefon, som så bliver ufølsom over for udfald af 5G- eller Wi-Fi-nettet.

REPCOMP
Industrial | Medical | Military
Power for Professionals

EnerXcube
400/450/500/550W ATX enheder med indbygget online UPS backup funktion!

- Samlet All-in-One Design
- Indbygget 65W USB PD
- Zero Transfer Time (0 mS)
- Lang Backup Tid
- Lang Levetid
- High Peak Power Support
- Genopladeligt LiFePo4 batteri
- RS-232 Kommunikationsinterface



- 14-20 minutters backup tid ved fuld load
- Størrelse 190 x 150 x 86 (mm)
- Høj effektivitet (80 Plus Bronze)
- Over Current Protection (OCP)
- Over Voltage Protection (OVP)
- Over Temperature Protection (OTP)
- Short Circuit Protection
- Battery Management
- Relevante Godkendelser

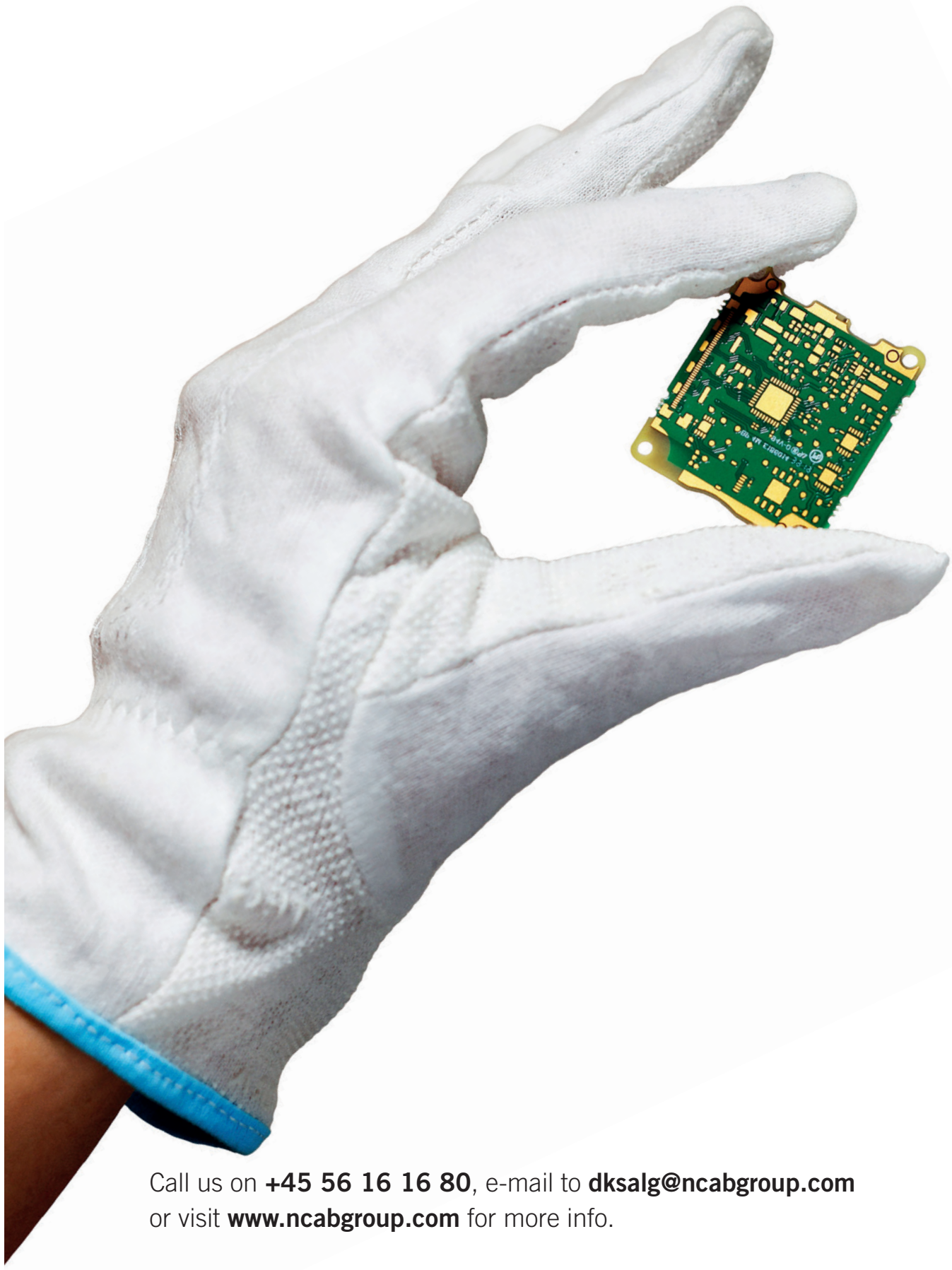
www.repcomp.dk

him - since 1897
mød os på PRODUCTRONICA Se mere på hin.dk

NCAB GROUP

Reliable PCBs

– because failure is not an option.



Call us on **+45 56 16 16 80**, e-mail to **dksalg@ncabgroup.com**
or visit **www.ncabgroup.com** for more info.



Lars Sørensen fra Prevas viser eksempler på de projekter, den efterhånden ganske store organisation er involveret i, herunder Bertin Exensor rystelses- og lydsensorerne som stukket i jorden danner et mesh-netværk, der kan sladre om infanteri- eller pansrede angreb på en forsvarende lejr.

▶ *Fortsat fra side 10*

Løsningen er en kombineret rystelsesføler og mikrofon.

- Når man etablerer en lejr i felten, er det afgørende, at fjenden ikke kan komme snigende ind i lejren. Det er netop et produkt til forebyggelse af overfald, som Bertin Exensor har udviklet, og deres Mini Mk3-sensor er den nyeste generation. Sensorerne stikkes bare ned i jorden, hvorefter de selv etablerer et meshnetværk. Med flere sensorer i brug vil de meget let kunne detektere rystelser fra pansrede køretøjer, ligesom de kan registrere selv meget hviskende samtaler fra fjendtlige styrker. Det vil meget effektivt kunne give en forsvarende lejr en idé om afstand og retning, så man kan være klar til et eventuelt angreb, siger Lars Sørensen fra Prevas.

Embedded pc klar til robotopgaver

Advantech er ved at manifestere sig som en temmelig hjerne- og muskeltung leverandør af embeddede pc'er – også i fiks-og-færdige kabinetter, så de er ligetil at implementere i en given applikation. Et eksempel på en ekstremt ydedygtig embedded Advantech-pc er MIC-733-AO. Virksomheden har udviklet den Nvidiz Jetson AGXOrin-bestykkede løsning i samarbejde med Universal Robots, og Advantech har i den forbindelse arbejdet på at udvikle 733'eren til en effektiv vision-/AI-håndtering.



Man skal ikke lade sig narre af størrelsen af MIC-733-AO. Martin Frederiksen fra Advantech fortæller, at styringen er udviklet sammen med Universal Robots til picking-opgaver, hvor vision og AI giver stor frihedsgrad i forhold til uventede emner og placeringer. Indstikskortet er fire kanaler med FAKRA-stik.

- UR bruger et add-on modul, som giver support af GM8L-robotterne. Kombinationen tillader et tyndere og mere fleksibelt kabel end de traditionelle Ethernet-kabler, og løsningen er baseret på brugen af FAKRA-stik. Man kan desuden få den embeddede CPU-løsning med understøttelse af 32- eller 64GB-memory. Vi har udviklet MIC-733-AO som et standardprodukt, men specifikt til robotapplikationer, og vi oplever en tydelig interesse fra mange produktionsvirksomheder. AI sikrer en massivt øget frihedsgrad for robotter, der udfører picking-opgaver – ikke mindst hvis de emner, en robot skal håndtere, ligger på et spektrum uden for det forventede, forklarer Martin Frederiksen fra Advantech i Danmark.

CRA starter med komponenterne

Der er en vis udfordring i at udvikle elektroniske produkter, som effektivt kan opfylde





Emil Heinze fra Arrow fortæller, hvordan Arrow kan hjælpe kunder med det drilske CRA-arbejde. Det afspærrede lager i Venlo supporterer kunder med beskyttede nøgletyper og -mængder, ligesom kunder kan tilkøbe CRA-reviews og patching på konsulentbasis.

EU's CRA-krav (Cyber Resilience Act), og hardwarefolk tænker sjældent i CRA, med mindre at der som udgangspunkt er tale om et sikkerhedsprodukt. CRA kræver derfor ofte kompetencer, som kun de færreste virksomheder råder over. Men ifølge Emil Heinze fra Arrow har den store distributør klædt sig godt på til at hjælpe kunderne med deres CRA-udfordringer:

- En cybersikker løsning kræver indledningsvis en CPU eller MCU, der er autentisk. Kommunikation med en IC vil kunne afsløre, om der er tale om en kopikomponent. Med dét – og en autorisering på plads skal en central IC i et design også autorisere "kunden".

Og endelig må ingen kunne lytte med, så end-to-end kommunikationen skal være sikker. Sidstnævnte er relativt let at kontrollere i en https-opkobling. Med hensyn til autoriseringen skal en IC forsynes med de rigtige nøgler, og det er netop en opgave, som Arrow kan hjælpe med, fortæller Emil Heinze.

Arrow har et stort lager i Venlo med et fuldt afspærret område til programmering af nøgler i de centrale IC'er. Det er op til kunden at specificere både nøgler og styktal, men hvor mange OEM-virksomheder ofte taler om styktal langt over millionen, er Arrow gearet til at hjælpe mindre producenter med tilsvarende mindre kvanta. Arrow har desuden en afdeling for CRA-reviews, hvor man kan købe patching på konsulentniveau, og det hjælper til at overholde reglerne i såvel NIS-2 som CRA, uden at man selv skal ligge inde med den dybt specialiserede viden.

Værditilvækst i distributionen

Farnell har også et bud på, hvordan distributionen kan hjælpe virksomheder til hurtig udvikling og produktion af nye elektroniske løsninger. Strengt taget er mange funktioner i moderne elektronik "standard", mens differentieringen ligger i applikationen og softwaren. Der er derfor ingen grund til, at en kunde starter med den dybe tallerken, hver gang et nyt projekt skal på bordet. Og da slet ikke, hvis en distributør allerede har gjort fodarbejdet og leverer de færdige løsninger, som siden på systemplan kan integreres i et produktdesign med et minimum af besvær.

- Vi har et par eksempler med på EOT-messen, hvor vi med afsæt i kredse fra Analog Devices har udviklet modulære



Som Xiaoling Li fra Farnell påpeger, er der ingen grund til at begynde forfra hver gang på komponentniveau, hvis man i stedet som en færdig løsning kan købe et fuldt testet modul under ét samlet partnummer. Det letter designet, og man kan koncentrere sig om produktdifferentieringen.

boards, som giver den bedste sammenstykning af et nyt produkt ud fra en ren plug-and-play-tilgang. Hvis en kunde har interesse i en bestemt komponentteknologi fra Analog Devices, så kan vi levere færdige løsninger, der direkte kan indgå i designet. For yderligere at lette løsningen leveres modulerne fuldt ud testede, så man ved, at de virker – og i stedet for en større BOM kan den centrale komponent i modulet med alle monterede støttekomponenter leveres som ét samlet partnummer. Lettere bliver det nok ikke, og vi har efterhånden seriøst mange af disse moduler i vores portefølje, siger Xiaoling Li, der er på besøg fra det store udland til Farnells stand på EOT.



På vej mod nye tider i dansk elektronikindustri

Der er nok ingen tvivl om, at den danske elektronikbranche har brug for en foryngelseskur. Folk i alle grene af industrien bliver ældre, men flere virksomheder får trukket den næste generation ind – ligesom teknologierne også undergår nogle betydelige forandringer

Af Rolf Sylvester-Hvid, HI Tech/EOT, Herning

Kigger man op og ned af Nørrebrogade på de dage, hvor Bakken i Klampenborg åbner eller lukker, så er det primært gråt, hvidt eller intet hår, man har udsigt til. Hvad laver de unge lømler i dag? Tjah, kun de færreste kører åbenbart på motorcykel. Og noget lignende kendetegner faktisk elektronikbranchen. Fra at være en ung industri, hvor man dengang i præ-wokedagene sagde "sex sells silicon", er vi alle i branchen nok blevet ældre – og nok ikke mere sexy. Men de fleste gamle løver i elektronikbranchen har virkelig styr på tingene. Kunsten er nu bare at få trukket de unge ind i branchen, så vi kan skabe en glidende overgang til næste generation. Og elektronikken er fortsat én af de økonomisk stærke brancher overhovedet. Første skridt mod erkendelsen fik vi på Melsen Techs stand, hvor vi mødte både administrerende direktør, Marcus Holm, og Karl Peter Jensen fra KPJ Supply.

- I en alder af 71 er jeg nødt til at sørge for, at den viden, jeg har om markedet – og kunderne – er i gode hænder, hvis jeg ikke længere kan levere den service, KPJ Supply er kendt for. Jeg har derfor aftalt med Melsen Tech, at de fortsætter arbejdet og supporten af kunderne i det, vi nok kan kalde en aktivitetsoverdragelse. Jeg fortsætter så som konsulent i det omfang, Melsen Tech har brug for det, og Marcus Holm har da også lovet mig både fri adgang og gratis kaffe, så jeg er tryg ved aftalen – ikke mindst på kundernes vegne, siger Karl Peter Jensen.

- Vi oplever klart en øget interesse for boxbuilding og mere komplette løsninger, og i den sammenhæng kan vi godt bruge erfaringen fra KPJ Supply – og selvfølgelig også kunderne. KPJ Supply har bred erfaring med touch, print og embeddede løsninger, og det kan vi følge til dørs med en række af de omgivende løsninger i et komplet produktdesign. Vi har også i stigende grad fokus på produktdesigns, hvor recycling indgår. Oven i det hele oplever vi et stort hul i markedet for bonding af glas og touchdisplays, og i Danmark kan vi fremstille de styktal, som de kinesiske volumenproducenter ikke gider at røre ved, tilføjer Marcus Holm, som glæder sig over "generationsskiftet" hos KPJ Supply og den viden, som Melsen Tech dermed får adgang til.



Friskplukket DTU-viden til distributionen

Hos Avnet kunne Kim Sjølin præsentere os for et spændende program, der skal trække den helt friske viden om elektronikken ind i distributionsleddet med Avnets såkaldte Graduation Program. Daniel Areñas Mayoral er nyuddannet kandidat fra DTU med speciale inden for trådløse teknologier, og han har vist en stor interesse for "efteruddannelse" inden for distributionen. Det passer fint ind i det internationale program, som Avnet har skruet sammen med det formål at præsentere nyuddannede ingeniører for de muligheder, der ligger i "speedboat" datterselskaberne under Avnet-navnet, som Abacus, EBV og Silica.

- Med vores Graduation Program sender vi Daniel rundt omkring i Danmark og Europa, så han får prøvet at arbejde i alle divisionerne under Avnet-paraplyen. Programmet er opdelt i en seks måneders periode, hvor man stifter bekendtskab med alle Avnet-selskaberne, hvorefter man vælger det "speedboat-selskab", man vil være i over de efterfølgende ni måneder. Undervejs sørger Avnet for bopæl i såvel Danmark som de udenlandske steder, hvor unge mennesker som Daniel vil opholde sig. Idéen er at få elektronikingeniører gjort klar til rollen som effektive FAE'er med et bredt kendskab til distributionsbranchen som udgangspunkt. Det ligner en god måde at sikre markedet et generationsskifte på, vurderer Kim Sjølin.

Fuld fart frem for Formula Student

Der er flere måder at få fat i de unge mennesker på, og Würth Elektronik har valgt en både spændende og meget fagligt relevant tilgang til universitetsniveauet med deres sponsorat af den såkaldte "Formula Student". Det er en udfordring for de studerende, som selvfølgelig skal opnå en så høj effektivitet af deres biler og styringer som overhovedet muligt.

- Det er sjovt at støtte SDU og andre med midler og materialer, så de kan bygge deres racere på et amatørniveau, der faktisk er baseret på meget professionelle løsninger. Konkurrenceelementet er med til at få grupperne på universiteterne til at tænke virkelig dybt ned i effektelektronikken, og med begejstringen for

▶ *Fortsættes på side 16*



Marcus Holm (tv.) siger velkommen til Karl Peter Jensen efter en aktivitetsoverdragelse af KPJ Supply til Melsen Tech. KPJ Supplys akkumulerede viden om produktudvikling kan komme Melsen Techs stadigt mere komplette produkter og boxbuilding til gavn.



Avnets Graduation Program har lokket DTU-kandidat, Daniel Areñas Mayoral (th.), til. Kim Sjølin (tv.) er glad for det 15 måneder lange program, der har til formål at få den nyeste viden om elektronikken ind i distributionsbranchens pulje af dygtige FAE'er med viden om både teknik og distribution.

hin - since 1897 mød os på PRODUCTRONICA Se mere på hin.dk

ELEKTRONIK MESSEN

Har du snakket med Camilla?

Salget til Elektronikmessen 2026 er i fuld gang – nu med ny termin i maj! Camilla B. Kruse er klar ved telefonen. Har du sikret dig en god stand?

Hun kender hallen, dine konkolleger og ved, hvordan du får mest muligt ud af din stand. Uanset om du er fast deltager eller ny i fællesskabet, hjælper Camilla dig med at finde den helt rigtige placering på Danmarks største elektronikmesse.

På Elektronikmessen 2026 mødes hele branchen til tre dage med teknologi i aktion, faglighed på højt niveau og netværk, der skaber stærke forbindelser.

Som udstiller får du:

- Synlighed midt i elektronikbranchens vigtigste mødested
- Direkte kontakt til udviklere, indkøbere, teknikere, beslutningstagere m.fl.
- En platform til at vise dine løsninger – live og hands-on
- Central beliggenhed – med nem adgang for kunder fra hele landet

NY DATO
Maj 2026

KONTAKT
Camilla B. Kruse
+45 24 75 80 96
cabk@occ.dk

... eller book din stand her

Den gode placering kommer ikke af sig selv.
Tag fat i Camilla i dag – og kom med helt frem i første række.

Ses vi?

19.-21. maj 2026 Odense Congress Center **elektronikmessen.dk**

▶ *Fortsat fra side 14*

mulighederne i de elektriske racerbiler får de studerende også hurtigt oparbejdet en betydelig viden om komponenter, tab og køling samt alle de elektromekaniske aspekter i designet. I øvrigt er det meningen, at Formula Student allerede om et år skal kunne køres med "førerløse biler", og så kommer teknologien virkelig på forkant af markedets behov. Vores sponsorat har ikke andre ambitioner end at se de hold, vi støtter, engagere sig, men vi håber selvfølgelig, at de WE-støttede hold vinder, siger Bo Christensen, direktør for Würth Elektronik i Danmark.

"Personhenførbar arbejdsbetinget adgang"

Det var lidt overraskende at se Birepo på Følsgaards stand på HI Tech. Normalt taler vi mest om automationskomponenter med folkene hos Følsgaard under de tekniske messer, men i Birepo-samarbejdet handler det om elforsynin-



Würth Elektronik støtter SDU's program for E-racing på universitetsniveau – Formula Student. Bo Christensen (th.) er en ivrig forkæmper for industriens engagement i unge mennesker, så de både bliver teknisk dygtige og lærer de sponserende virksomheder at kende.

Højkvalitetsprodukter
& specialkomponenter

SILITRADE

Coating of Electronics
Acrylic Conformal Coatings
Polyurethane Conformal Coatings
Silicone Conformal Coatings

Potting of Electronics
- Silicone
- PUR
- Epoxy

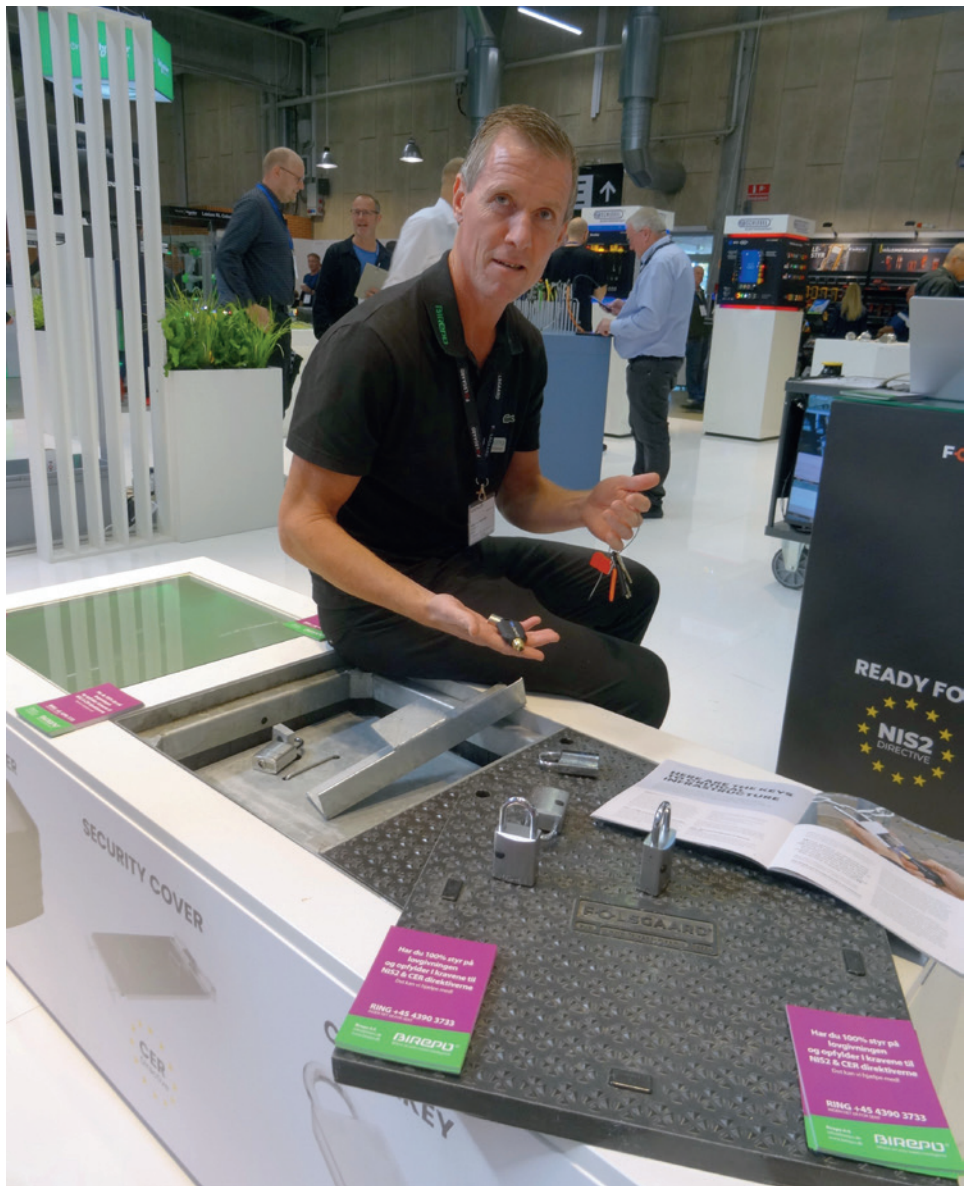
Thermally conductive materials
Electrically conductive adhesives

Bonding
- Silicone
- Epoxy
- MS Polymer

Mobile: +45 21 35 03 54
Mail: jh@silitrade.com

WWW.SILITRADE.DK

Der er flere måder at få fat i de unge mennesker på, og Würth Elektronik har valgt en både spændende og meget fagligt relevant tilgang til universitetsniveauet med deres sponsorat af den såkaldte "Formula Student". Der er tale om elektriske racerbiler til brug på blandt andet kartingbaner, og de kun rundt regnet 200 kilogram "tunge" elektriske racere har en ydelse begrænset til ca. 107HK, om end 200HK er inden for rækkevidde. Med et så højt effekt-/vægtforhold er det hurtige biler, men vægten begrænser selvfølgelig batterikapaciteten.



Nøglen i lommen er fortid. Gert Petersen viser, hvordan tags på nøgler dokumenterer brug og adgang til kritiske installationer. Infrastrukturen bliver i stigende grad underlagt CER-direktiverne, så et samarbejde mellem Birepo og Følsgaard om komponenter til elsektoren og adgangskontrol til samme er en oplagt idé.

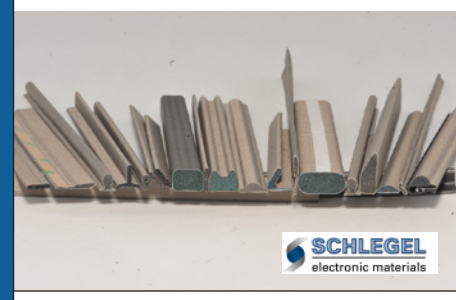
gen (10kV/0,4kV og derover) samt den fysiske beskyttelse af transformerstationer, koblingsanlæg og andre vigtige dele af den elektriske infrastruktur. Birepo leverer jo mekaniske adgangsstyringer, låse og døre til industrien, men da Birepo ligesom Følsgaard er under Addtech-koncernen, er familieskabet på plads – og nye sikkerhedskrav har fået stor betydning for energisektoren.

- Tidligere var adgang for teknikere og tredjeparts servicepersonale et spørgsmål om at finde "manden med nøglen i lommen", men i vores moderne verden er det en alt for usikker løsning. Det kræver kun lidt modellervoks at kopiere en nøgle, og man skal også vide, hvem der bruger nøglen til en installation og hvornår. Det er en del af de europæiske krav til NIS-2 og CER (Critical Entities Resiliance), der samlet har til formål at sikre vores kritiske infrastruktur. Man taler i CER om "Personhenførbar arbejdsbetinget adgang", og bag den beskrivelse gemmer sig den dokumenterede brug af nøgler og fjernstyret adgangskontrol, som kun må gives til folk, der faktisk har noget at gøre på steder, hvor der er adgang til elforsyningen eller lignende steder, forklarer Gert Petersen, der er direktør for Birepo.

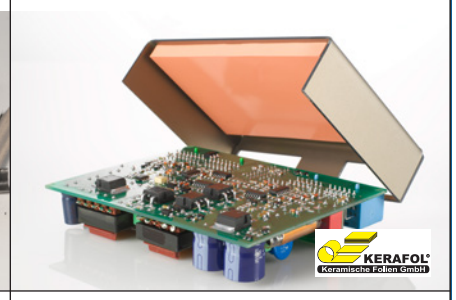
Det er altså i tilfælde af "nedbrud, opbrud og indbrud", at personalet eller servicefolk skal kunne få adgang til installationerne, og i så fald skal man hente den fysiske nøgle på et sted, hvor nøglen opbevares sikkert og kun frigives ved registrering, eventuelt med tags på nøglerne. NIS-2 forhindrer som sådan ikke adgangen, men det dokumenterer brugen af nøglen, og det gør uautoriseret adgang betydeligt mere vanskelig. Gert Petersen slutter med at fortælle, at de internationale regler fortsat er noget tågede, men den geopolitiske situation øger efterspørgslen af CER-baserede løsninger. Og da Birepos fysiske adgangskontrol hænger tæt sammen med eltekniske komponenter, som Følsgaard sælger, giver samarbejdet mellem de to virksomheder rigtig god mening.

BOMBERG – vi hjælper med det optimale design

EMC / EMI PAKNINGER TIL EN HVER APPLIKATION



AFLED VARME OPTIMALT MED SOFTTHERM®



BOARD LEVEL SHIELDING – STANDARD OG TILPASSEDE LØSNINGER



ULTRA LOW CAPACITANCE STEERING DIODE/TVS ARRAY



EMI-PAKNINGER STANDARD ELLER KUNDESPECIFICEREDE
THERMAL MANAGEMENT / AFLED VARME OPTIMALT



AAA
© Bisnode 2025
17. ÅR I TRÆK MED AAA !!

Evan Stæhr

BOMBERG
BOMBERG & CO. ApS
WWW.BOMBERG.COM SALES@BOMBERG.COM
Phone: +45 48 14 01 55 Fax: +45 48 14 01 56
YOUR TRUSTED SUPPLIER

DANCHELL

Alternativet til tunge investeringer i udstyr

Med Danchell som samarbejdspartner får du adgang til teknologisk spidskompetence, en dedikeret stab af specialister og toptunede produktionslinjer.
Et fleksibelt alternativ til tunge investeringer i udstyr og medarbejdere.

Kontakt os, og hør mere.

danchell.dk

FDA-QSR820
ISO-9001 & ISO-13485



hin - since 1897 mød os på PRODUCTRONICA Se mere på hin.dk

Hvad er potentiometre i grunden?

Potentiometre – eller potmetre – er måske gledet lidt i baggrunden i en tidsalder med digitale styringer, men de elektromekanisk variable modstande har fortsat en stor betydning i elektronikken. Med en fast modstand mellem to ben og et justérbart udtag langs modstandselementet er potentiometeret grundlæggende en variabel modstand

Af Jeff Smoot, vicepresident, engineering, Same Sky

Potentiometres funktion som spændingsdelere kan bruges til justering af output i et kredsløb eller til en præcis måling af et elektrisk potentiale. Potentiometre giver et kontinuert variabelt spændings-output proportionalt med drejerens eller skyderens positiv på modstandselementet. Dagens potentiometre er betydeligt mindre, men mere præcise end fortidens komponenter, og der findes et kolossalt stort udvalg af typer og kapslinger afhængigt af applikationen. De bruges i mange slags apparater til styring af værdier som belysningsniveauer, audiovolumen samt brightness og farve i videoprodukter. Men de kan også bruges som positionssensorer. Modstand afhænger af flere faktorer. Med alt andet holdt konstant vil modstanden af et objekt være direkte proportional med længden. Et 10cm langt emne vil have den halve resistans af et 20cm langt emne med det samme tværsnit og fremstillet i det samme materiale. Det er netop det princip, potentiometrene bruger. Det justérbare output af et potentiometer opnås ved en varierende lineær eller roterende bevægelseskontakt, der flyttes i forhold til et fast og ensartet modstandselement, og ved at forlænge eller forkorte den vej, strømmen skal løbe, vil den spænding, som påtrykkes hele modstandselementet, falde med den variable kontakts placering på modstandselementet. Positionen afgør altså spændings-output i kredsløbet.

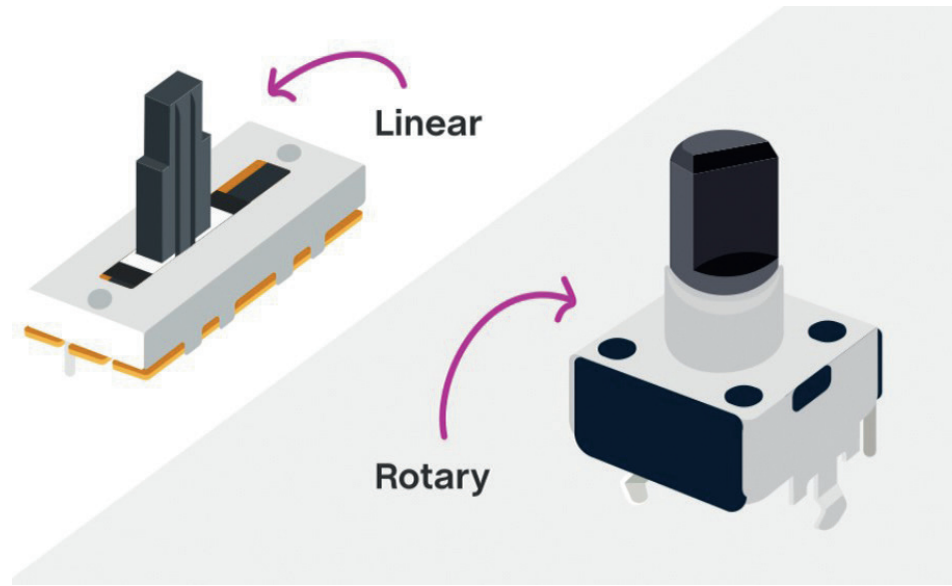
I dag bruges potentiometre sjældent til styring af mere end en watt, da der afsættes varme i modstandselementet, og det vil kunne producere et uacceptabelt varmetab. I stedet styrer potentiometre typisk småsignaler til andre komponenter for styring af højere effekter. Den simple lysdæmper bruger et potentiometer til styring af en triac, der igen styrer lyset ved en højere effekt.

Flere typer af potentiometre

Potentiometre findes i både analoge og digitale former: Et traditionelt analogt potentiometer bruger mekaniske elementer, der kan reguleres manuelt til styring af output. Analoge potentiometre findes i både skyde- og drejeudformning.

Drejepotentiometre bruger en vinkelbevægelse fra en drejeknap og en aksel forbundet til kontaktelementet, der drejes over modstandselementet. Ved at dreje akslen ændres modstanden og dermed også output.

Trimmere har ingen aksel, men justeres i stedet med en skruetrækker for at flytte kontakten på modstandselementet. Trimmere er sjældent



Skyde- og drejepotentiometer.

rettet mod brugerne af elektronikken.

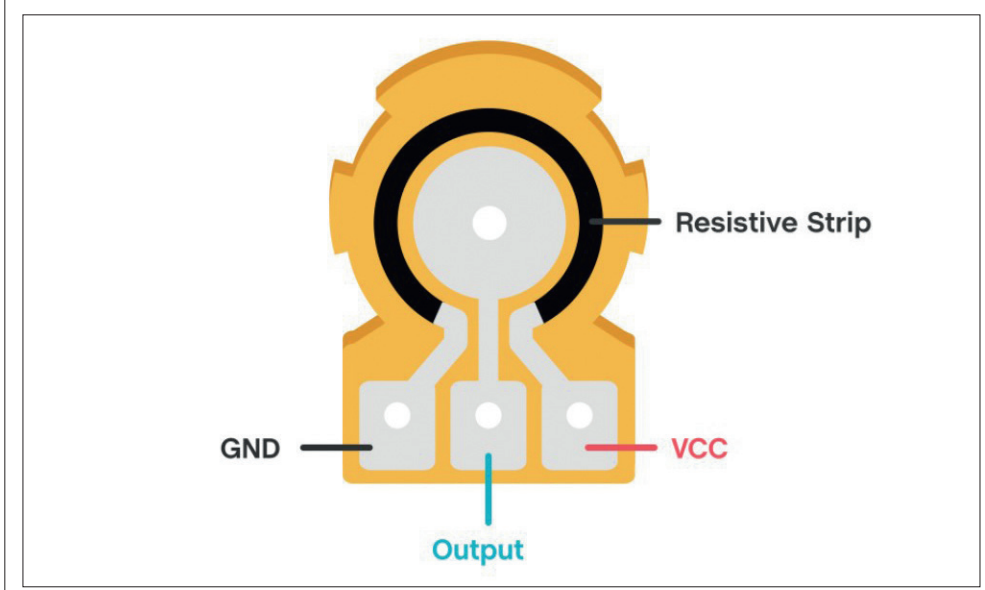
Skydepotentiometre bruger en lineær bevægelse for at flytte kontakten over modstandselementet for at variere modstand og output.

Digitale eller elektroniske potentiometre er helt andre komponenter, som styres af digitale signaler for at variere output frem for en mekanisk bevægelse – men hér skal vi fokusere på de analoge potentiometre.

Flere undertyper af potentiometre

Blandt de mange undertyper af analoge potentiometre er det værd at nævne:

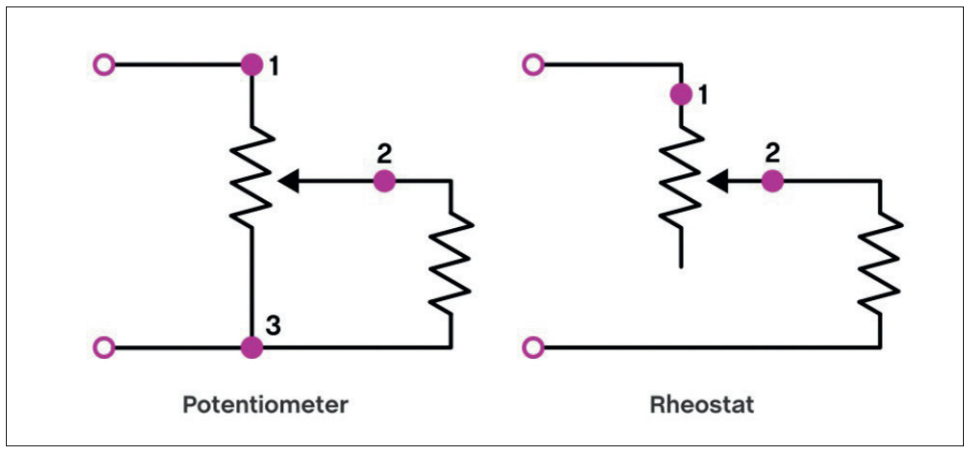
- Presets og trimmere er små, typisk printmonterede komponenter, hvis værdi indstilles med en lille skruetrækker for tuning og kalibrering af et kredsløb. Presets har specifikke værdier, og trimmere kan levere en høj opløsning via multiturnskruer. De bruges typisk under systemkalibrering og forbliver som regel i en indstillet position gennem et apparats levetid.
- Servo-pots er potentiometre monteret på en motoraksel. De kan bruges til føling af en position ved at måle på den puls, som drejer motoren, indtil potentiometret indikerer, at en position svarer til den indkommende puls. Servopots bruges ofte i robotapplikationer eller andre steder, der kræver en præcis bevægelseskontrol.
- Logaritmiske potentiometre ændrer modstand efter en logaritmisk skala, hvilket blandt andet svarer til volumenopfattelsen i det menneskelige øre. Logaritmiske potentiometre bruges næsten altid i audioudstyr.
- Koncentriske potentiometre er to stackede potentiometre på samme aksel, hvilket kan bruges til både stereovolumen, -balance og tonekontrol med bevægelse af to potentiometre (eller flere) via samme aksel.
- Drejehjul har en taktil kant til en fingerspidsjustering af et produkt. Det bliver ofte anvendt i volumen- eller brightness-styringer.
- Skyde- og dobbeltskydepotentiometre bruger ét eller flere modstandselementer og en skydekontakt til justering af modstanden(e). Det giver et lineært forhold mellem skyderens position og output-modstand, og skydere kan også bruges som resistive positionssensorer. Dobbeltskydere er to parallelle potentiometre, som styres af én skyder, og de optræder ofte i studiemixere, fadere eller grafiske equalizers.
- Motoriserede skydepotentiometre bruger en skyder med en timing-rem trukket af en lille DC-motor og et trækhjul til automatisk fjernstyring. Man finder oftest disse komponenter i industriel automation og proceskontrolapplikationer.
- Enkelt- eller multiturn-potentiometre: Enkelt- eller



Generel intern struktur i et drejepotentiometer. Potentiometre defineres typisk af deres højeste modstandsværdi over hele modstandselementet. Et potentiometer med nominelt 1kΩ (kiloohm) har et modstandselement ækvivalent til en fast 1kΩ-modstand.







Diagramforskel mellem potentiometer og rheostat.

singleturn-potentiometre giver over rundt regnet trefjerdedele af en fuld omdrejning af kontakten nok opløsning til en styring mellem 0 og 100 procent af output. Multiturn-potentiometre giver derimod mulighed for styring med multiple omdrejninger af knap eller skrue for output mellem 0 og 100 procent, og det giver en højere opløsning af modstand og output. Både enkelt- og multiturn-potentiometre findes også i variationer, hvor én fælles aksel eller skrue regulerer to eller flere potentiometer-modstandselementer og -kontakter. Tovejs-potentiometre er ret almindelige, men Same Sky tilbyder også firedobbelte potentiometre, hvor man kan styre fire individuelle kredsløb eller parametre med én og samme aksel.

Forskel mellem potentiometre og rheostater

Der er forskel mellem potentiometre og den komponentform, der kaldes "rheostat". Potentiometret er en tre-terminal komponent til spændingsstyring. En rheostat er derimod en to-terminal komponent til strømstyring. Ældre biler brugte ofte rheostater til styring af brightness i instrumentbelysningen. Ved at lade ét ben i et potentiometer være uden forbindelse kan man få et potentiometer til at opføre sig som en rheostat.
Rheostater er generelt til højere effekter og er trådviklede variable modstande. Rheostater defineres kun sjældent af deres modstandsværdi, men oftere i forbindelse med deres evne til at håndtere større effekter.

Potentiometre vs. enkodere

En roterende enkoder er en elektromekanisk komponent, der konverterer en (vinkel) bevægelse af en aksel til et digitalt signal. Både potentiometre og drejeenkodere føler på en akselposition, men arbejder ud fra vidt forskellige principper og kompleksitet – og kræver derfor lige så forskellige design-setups.
Potentiometre er grundlæggende analoge komponenter – trods de digitale varianter. Drejeenkodere er digitale komponenter, hvor en binær logik indikerer positionen, så et separat kredsløb skal bruges til at oversætte output til et brugbart signal.
Potentiometre giver en lettere design-setup end drejeenkodere, de accepterer uendeligt variable inputs, kan spændingsdele non-lineært og kan let styre andre analoge kredsløb. Drejeenkoder kan derimod rotere uendeligt og giver et digitalt signal med en som regel fremragende opløsning. Og selv om de er dyrere end potentiometre, så betyder deres præcision i motorstyringer, at drejeenkoderne er det ideelle og foretrukne valg i industri-, automations- og robotapplikationer.

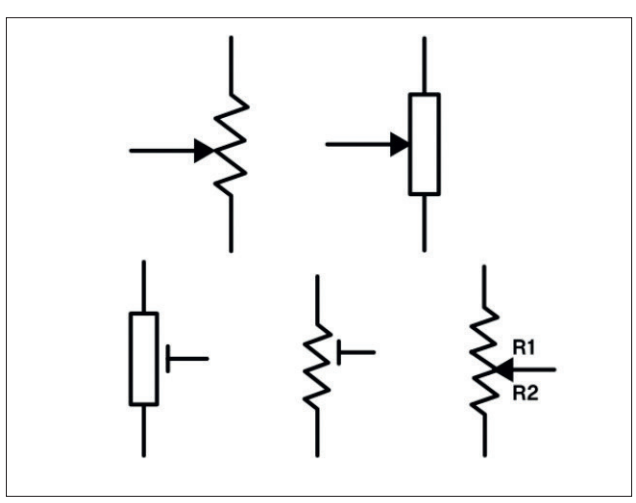
Ting at overveje ved sourcing af potentiometre

- *Nominel effekt:* Den maksimale effekt, som potentiometre kan håndtere uden at blive beskadiget.
- *Opløsning:* Præcisionen af potentiometeret udtrykt som en procentdel af den totale modstand og den ændrede modstand som følge af den incrementale bevægelse af kontakten over modstandselementet.
- *Kontaktstøj:* Mængden af elektronisk støj produceret af bevægelse af de interne kontaktkomponenter.
- *Temperaturkoefficient:* Hvordan modstanden kan ændre sig som følge af driftstemperaturen i potentiometeret.
- *Mekanisk levetid:* Hvor længe et potentiometer vil overholde specifikationer, typisk udtrykt som antallet af drej på akslen.

Symboler for potentiometre i kredsløb er ikke lige entydige. Den amerikanske ANSI-standard er to rette linjer med zigzaglinjer imellem. Den europæiske IEC-standard er en rektangel mellem to lige linjer.
De enkelte potentiometre er typisk mærket med en eksakt modstandsværdi som 100K for et 100kΩ potentiometer. De kan også være mærket med en trecifret kode, hvor de første to tal repræsenterer værdien af potentiometeret, mens det sidste tal er en multiplikator. Potentiometre fra USA er normalt mærket med et "A" for logaritmisk modstandsskala, et "B" for et lineært modstandselement og "C" for en omvendt logaritmisk skala.

Fordele og ulemper

Der er som for andre elektroniske komponenter fordele og ulemper ved brug af potentiometre, og dem skal man selvfølgelig overveje for valg af komponent til det endelige design. Fordelene ved potentiometre er deres enkle design, lave pris, store udbud af modstandsværdier, en nem og prisbillig drift samt en gennemprøvet teknologi. Blandt ulemperne kan man nævne den begrænsede båndbredde og nominelle strømhåndteringsevne samt en mekanisk drift, hvor slid og forurening forringer ydelsen – samt det generelle elektriske støjniveau.



Almindelige potentiometersymboler anvendt i kredsløbsdesigns: ANSI- (top venstre) og IEC- (top højre) symboler med non-standard varianter (nederst).

EltechSolutions
Værdiskabende partnerskab



Specialkomponenter – Konnektorer
Ventilatorer – Termiske materialer – Kølemoduler
Kabelkonfektion – Power kabler – Montageopgaver

Kundetilpassede og værdiskabende løsninger!

Løsninger fra egen produktion samt førende producenter til Elektronik industrien.

Kontakt vores produktspecialister for dialog allerede i design og udviklingsfasen.

Vi hjælper med at frigive tid i jeres produktion.

EltechSolutions
Hassellunden 14, 2765 Smørum
www.eltechsolutions.dk
info@eltechsolutions.dk
+45 7010 1410

Automation & Elmekanik
Termiske løsninger & Elektronik
Kabler- & ledningskonfektionering

FACE SW-standard giver åbne og fremtidssikre avionics-systemer

I denne artikel gennemgår Sysgo baggrunden for udvikling af FACE, samspillet med eksisterende standarder, de udfordringer og fordele både små og store systemudviklere kan opnå med FACE, og hvordan fremtidens civil- og forsvars-flyelektroniksystemer kan blive udviklet hurtigere med en mere kosteffektiv drift og en certificeret højere sikkerhed

Af Joe Richmond-Knight (MIET), FAE/solutions architect, Sysgo

Over de seneste år har det accelererede tempo i såvel civil- som forsvarsflytrafik ført til en revolution inden for fly (avionics) systemudvikling. Hjertet i udviklingen er en teknisk standard kendt som FACE (Future Airborne Capability Environment). Parallelt med MOSA (Modular Open Systems Approach) lægger face fundamentet for moderne, åbne software-arkitekturer. Face er ikke bare endnu en industristandard, men repræsenterer et stort skridt væk fra monolitiske og proprietære systemer over mod mere åbne, modulære og genanvendelige komponenter.

Face blev udviklet for at hjælpe med at overstige de konstante udfordringer, der ligger i at integrere flere mærkespecifikke flystyrings- (avionics) systemer, som er svære at vedligeholde, hvad der giver høje driftsomkostninger, og som gør kompatibiliteten mellem systemerne vanskelig at opnå. Siden 2019 kræver lovgivningen i USA, at alle større forsvarsindkøbsprogrammer (MDAPs) skal overholde mosa-principperne, og selv om der ikke findes nogen ækvivalent lovgivning i Europa, bliver embedding af modulære indkøb i stigende grad et behov for indkøbsorganisationer i Tyskland, Frankrig og Italien. Mange NATO-lande undersøger for tiden, hvordan interne og egne nationale projekter kan stemme overens med face.

Samlet står det klart, at mosa har lagt det strategiske fundament for åbne og fremtidssikre netværksbaserede systemer, mens face vil åbne døren for konkrete implementeringer af software-arkitekturer, som kan verificeres til tekniske, luftbårne systemer. Sammen med face er OMS- (Open Mission Systems) og UCI- (Universal Command and Control Interface) frameworks blevet etablerede inden for de forsvarstekniske software-arkitekturer – og også blevet en stadigt mere vigtig del af den civile luftfartselektronik. Der er intet content-overlap mellem de tre standarder, hvorfor de har kapaciteten til at komplementere mere end at konkurrere med hinanden. I praksis betyder det, at én luftbåren platform kan bygges til at være face-kompatibel og samtidigt bruge OMS-arkitekturer og UCI-datainterfaces.



Face baner sammen med mosa vejen for en ny generation af åbne, kosteffektive og sikre flyelektronik-systemer, der også er lette at vedligeholde og opdatere – ikke kun til de umiddelbare forsvarsapplikationer, men i høj grad også til civil flyelektronik, hvor nu også små virksomheder kan konkurrere mod de store koncerner på et lige niveau.

Teknisk arkitektur i face

Den tekniske arkitektur af face organiserer software i fem adskilte segmenter:

- Operativ System Segment (OSS).
- Transport Services Segment (TSS).
- I/O Services Segment (IOS).
- Portable Components Segment (PCS).
- Platform-Specific Services Segment (PSS).

Hver komponent forbinder sig til det overordnede system gennem definerede interfaces. OSS er en komponent inden for face-standard, som Sysgo PikeOS kan implementere, og ELinOS (et gæste-OS) kan køre i et face-kompatibelt system.

Face definerer tre OSS-profiler, som tilpasser operativsystemets API'er, programmeringssprog og -funktioner, runtimes, frameworks og grafiske egenskaber til support af softwarekomponenter med forskellige grader af prioritet:

- *Sikring:* Begrænser OS API'erne til et minimalt, men alligevel funktionelt sæt med mulighed for vurdering af højkritiske sikkerhedsfunktioner til at blive afviklet i én samlet proces.
- *Sikkerhed:* Mindre restriktiv end Sikring og tillader kun afvikling af OS API'er med et testet og anerkendt sikkerhedscertifikat.
- *General Purpose:* De mindst restriktive, supporterende OS API'er til såvel real-time deterministiske og non-real-time, non-deterministiske krav afhængigt af systemets eller subsystemets drift.

En central rolle ligger også i den såkaldte Shared Data Model, der er det semantiske grundlag for al beskedudveksling. Face bruger desuden en lang række af etablerede standarder inklusive:

- ARINC 653 (Partitionering for Sikkerhed).
- ARINC 661 (Cockpit Displays).
- POSIX APIs (Portabilitet).
- OpenGL (Grafiske Interfaces).
- Ada, C++, Java (Programming Languages).

Gennem integration af disse standarder bliver face en gensidigt anvendelig platform, der giver en høj grad af fleksibilitet for systemintegratorer. Denne model supporterer i høj grad typede datastrukturer og sikrer, at positionsdata, sensorudlæsninger eller statusinformation bliver fortolket på en konsistent måde igennem det samlede avionics-system.

Implementering af face lukker op for nye muligheder

Implementering af face-standarden er en investering, der giver en blivende værdi. Trods de indledende tekniske anstrengelser er udbyttet betydeligt – især for systemleverandører, der arbejder på tværs af multiple platforme eller planlægger langsigtede softwareproduktstrategier. Ved at adskille platformsarkitekturen fra den funktionelle logik åbner face for ægte genbrug og modularitet, så gennemtestede moduler kan anvendes på tværs af forskellige projekter uden dyr reengineering. Standardiserede interfaces strømliner samarbejdet med partnere og underleverandører, hvilket accelererer integration og reducerer risici. Vigtigst er måske, at en face-certificering booster markedstransparensen og gør producenterne i stand til at vinde flere forretningsaftaler ved at kigge på offentligt tilgængelige registre af certificerede moduler med hurtig respons i forhold til nye markedsbehov. Kort sagt forbedrer face ikke bare ingeniørarbejdet – det styrker også konkurrenceevne og vækstpotentialet for mange virksomheder.

Face skaber også nye muligheder for mindre og specialiserede softwareudbydere, der tidligere har været udelukket fra store systemintegrationsprojekter og ude af stand til at konkurrere med etablerede (store) leverandører. Traditionelt har kompleksiteten i at integrere proprietære systemer været en barriere, men face fjerner denne hindring. Ved klart at adskille moduler fra det overordnede systems ansvarsområde kan mindre virksomheder koncentrere sig om at levere veldefinerede softwarefunktioner, få dem certificeret og markedsføre dem uafhængigt gennem face-registret. Denne tilgang udvider markedsmulighederne, sænker forretningsrisikoen og fremmer et mere konkurrencepræget miljø – et miljø, hvor kvalitet, innovation og grænsefladeoverholdelse betyder mere end etablerede kunderelationer. Disse dynamikker er især lovende inden for hurtigt udviklende områder som AI, sensorfusion og realtidssystemer.

Face-registret er porten til synlighed, troværdighed og nye forretningsmuligheder. Det fungerer som en offentligt tilgængelig "app-store" for forsvarstekniske softwarekomponenter og giver projektchefer, systemintegratorer og designere mulighed for hurtigt at finde og sammenligne certificerede Units of Conformance (UoC'er). Hver komponent på listen har bestået en streng certificeringsproces, hvilket garanterer problemfri indbyrdes funktionalitet inden for face-arkitekturen. For producenter er registret mere end "et register" – det

▶ *Fortsættes på side 22*



hīm - since 1897 mød os på PRODUCTRONICA Se mere på hin.dk



Boost your PCB knowledge
Join our free webinars

2025-12-11

Reducing climate impact in PCB supply chains

2025-11-20

Harsh environments, reliable PCBs: Strategies for extreme conditions

Read more and register

Call us on **+45 56 16 16 80**, e-mail to **dksalg@ncabgroup.com** or visit **www.ncabgroup.com** for more info.

NCAB GROUP

▶ *Fortsat fra side 20*

er en direkte kanal til markedet. Certificerede UoC'er og UoC-pakker kan præsenteres for hele forsvarsøkosystemet, hvilket åbner døre for nye programmer, platformsintegrationer og partnerskaber. Med sin standardiserede registreringsproces forvandler face-registret certificering til en konkurrencefordel, hvilket gør det nemmere end nogensinde for løsninger af høj kvalitet at skille sig ud og vinde kontrakter.

Gør face sikker

Moderne flyelektroniksystemer bliver i stigende grad integrerede, og skiftet mod softwaredefinerede platforme har gjort sikkerhed til en kritisk prioritet. Selv om face ikke i sig selv er en sikrings- eller sikkerhedscertificeringsmyndighed, har face tidligt indarbejdet mekanismer til at imødekomme sikkerhedskritiske krav. Faces tekniske arbejdsgruppes sikkerhedsunderudvalg spiller en central rolle i denne indsats og udvikler anbefalinger, sikkerhedsprofiler og integrationsmønstre, der gør det muligt for komponenter med forskellige sikkerhedsbehov at fungere sammen i et face-kompatibelt system. Et centralt fokusområde er MLS (Multilevel Security), som sikrer fysisk eller logisk adskillelse af moduler med forskellige klassifikationsniveauer, når de integreres på en delt computerplatform. Face understøtter også integrationen af domænespecifikke sikkerhedsforanstaltninger som datakryptering og adgangskontrol uden at gå på kompromis med den samlede indbyrdes systemfunktionalitet. Når disse foranstaltninger kombineres med standardiserede datamodeller, leverer de en sikkerhed, der opfylder de højeste forsvarsstandarder, hvilket gør face lige så anvendelig inden for kritisk infrastruktur som i de civile luftfartssystemer. Fra et sikkerhedsperspektiv erstatter face ikke eksisterende standarder, men supplerer dem snarere.

Designere af sikkerhedskritisk software til face kan få fordel af:

- Modulære arkitekturer.
- Isolerede tests.
- Automatiseret verificering.

Sådan kan Sysgo supportere face-udvikling

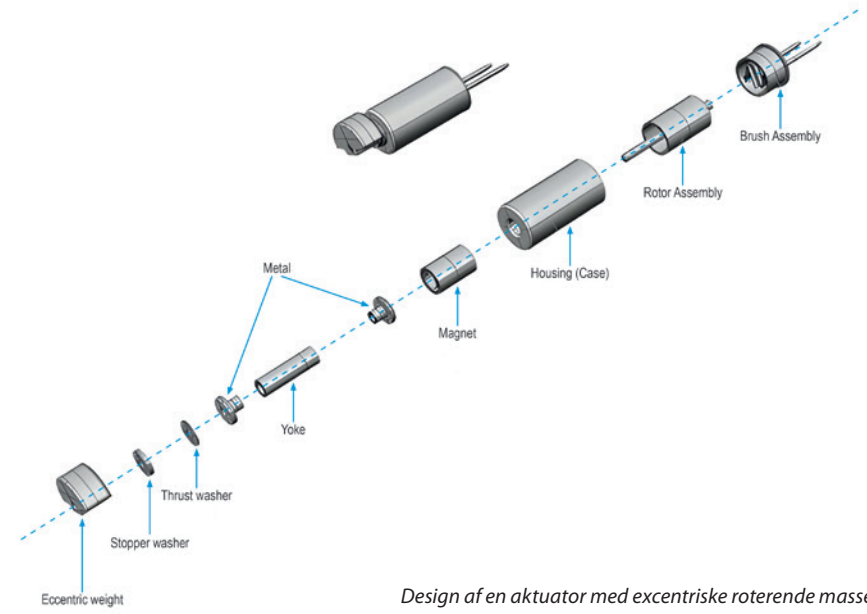
Designere, der anvender face-standarden, har adgang til mere end blot specifikationer og testprocedurer – de får også fordel af et bredt sæt af åbne værktøjer, dokumentation og træningsressourcer. En vigtig ressource er Balsa-referenceprojektet, som er et minimalistisk, men funktionelt eksempelmiljø, der demonstrerer, hvordan man opretter en simpel, fuldt face-kompatibel applikation. Balsa fungerer som et ideelt udgangspunkt for brugerdefineret udvikling, bakket op af omfattende retningslinjer for softwareleverandører, integratorer og projektledere sammen med regelmæssigt opdaterede træningsprogrammer. Disse kurser, der leveres af konsortiet eller akkrediterede partnere, henvender sig til både tekniske teams og beslutningstagere og dækker emner fra arkitekturmodellering og databeskrivelse til transportintegration og middleware-løsninger. Denne vidensbase hjælper projekter med at starte på rette spor, så man undgår dyre fejltrin.

Sysgo understøtter desuden face system- og softwareudvikling gennem sin dybe erfaring fra komplekse flyelektronikprojekter. Sysgos senioringeniører designer arkitekturer, der opfylder de højeste sikkerhedsstandarder og leverer ekspertise i alle faser – fra specifikation og kravspecifikationer til verificering, validering og test. Med en stærk forståelse af certificeringskrav sikrer Sysgo, at hvert udviklingstrin stemmer overens med den overordnede projektplan. Koden bliver bygget til at opfylde krav, samtidig med at den forbliver let at teste, hvilket gør en effektiv og certificerbar udvikling mulig fra projektstarten. Certificeringskompleksiteten reduceres ved at opdele store systemer i delsystemer med varierende kritiske niveauer. Det forbedrer sikkerheden og minimerer designindsatsen og omkostningerne. Ved at udnytte separation og virtualisering leverer Sysgo arkitekturer med høj sikkerhed i stor skala. Et netværk af betroede hardware- og softwarepartnere, der tilbyder værktøjer fra hardwaredebuggere og dækningsanalysatorer til statiske og dynamiske analyseløsninger, sikrer, at de passende ressourcer er tilgængelige for hver fase af projektimplementeringen.

Face baner sammen med mosa vejen for en ny generation af åbne, kosteffektive og sikre flyelektroniksystemer, der også er lette at vedligeholde og opdatere. Med en tæt kobling til love og regler, tekniske standarder og formelle certificeringsprocesser fostrer face et voksende økosystem, som blander innovation med robust sikkerhed. For medspillere inden for både civil- og forsvarsflyelektronik repræsenterer face et nye paradigme inden for systemudvikling, modulært, åbent og bygget til at modstå tidens tand.

Bedre teamwork mellem mennesker og maskiner

Elektromagnetiske haptiske aktuatorer er nøglekomponenter i samspillet mellem mennesker og maskiner. De konverterer elektrisk energi til taktile feedbacks og øger brugervenligheden i elektroniske produkter som blandt andet smartphones



Design af en aktuator med excentriske roterende masser (ERM).

Tekst: Rutronik
Illustrationer: PUI Audio

Mange produkter bruger visuelle og akustiske stimuli til at udveksle informationer med brugerne. Senest er en tredje dimension af informationsoverførsel – ud over lyd og billede – i større omfang kommet i brug, nemlig følesansen. Konceptet, der også kaldes "haptik", bliver nu brugt i stadigt flere markedssegmenter inklusive virtual og augmented reality (VR/AR), IoT-applikationer og i den automotive industri samt, selvfølgelig, i medicoteknikken.

Flere teknologier er i stand til at levere haptiske feedbacks, blandt andet de haptiske aktuatorer. Disse aktuatorer konverterer elektrisk energi til mekaniske bevægelser og giver dermed brugerne et taktilt feedback. Vibrationsgivere, touchsensorer og andre taktile effekter sikrer mangeartede og realistiske interaktioner med de elektroniske apparater. Det udgør altså et perfekt interface mellem mennesker og maskiner (HMI) i applikationen.

De elektromagnetiske haptiske aktuatorer kan generelt opdeles i tre overordnede kategorier, de excentriske roterende masser (ERM), de lineære resonante aktuatorer (LRA) samt voice coil-aktuatorerne (VCA)/voice coil-motorerne (VCM). LRA- og VCA/VCM-komponenterne minder konstruktionsmæssigt meget om højttalere.

Følelige vibrationseffekter i smartphones og lignende produkter

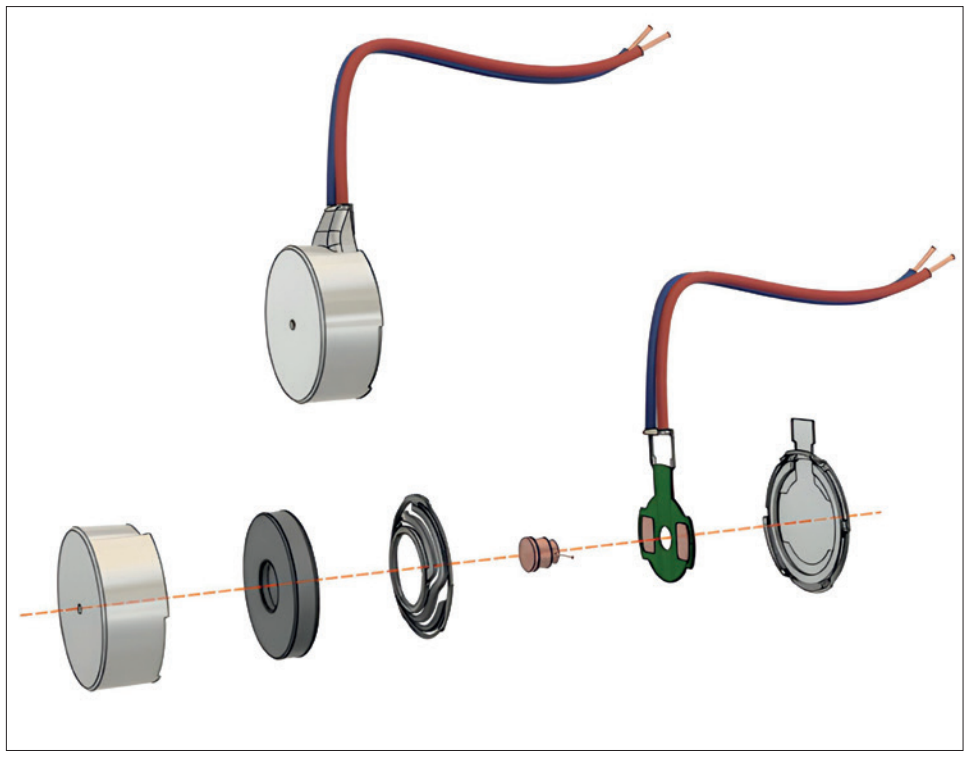
ERM-aktuatorer genererer vibrationer gennem en excentrisk roterende masse, der sidder på akslen i en børsteløs DC-motor. Når man påtrykker motoren en spænding, så vibrerer aktuatoren med en frekvens, der præcist svarer til den frekvens, hvormed motor og masse udfører en komplet omdrejning. Det giver en vibrationsstyrke, der direkte korrelerer til aktuatorens styrespænding.

Denne type af aktuatorer genererer lavfrekvente og nærmest "rumlende" sensorfeedbacks. Det skyldes, at de roterende motorer er et vist stykke tid – omend kort – om at nå op på den ønskede hastighed, når man påtrykker motorerne en spænding, ligesom det også tager et stykke tid, når motorerne igen skal bringes til et komplet stop. ERM-aktuatorer er derfor velegnede, hvis der ikke kræves præcise vibrationsmønstre, men hvor man alligevel ønsker en udtalt vibrationseffekt. Det er typisk i smartphones og gamingcontrollere.

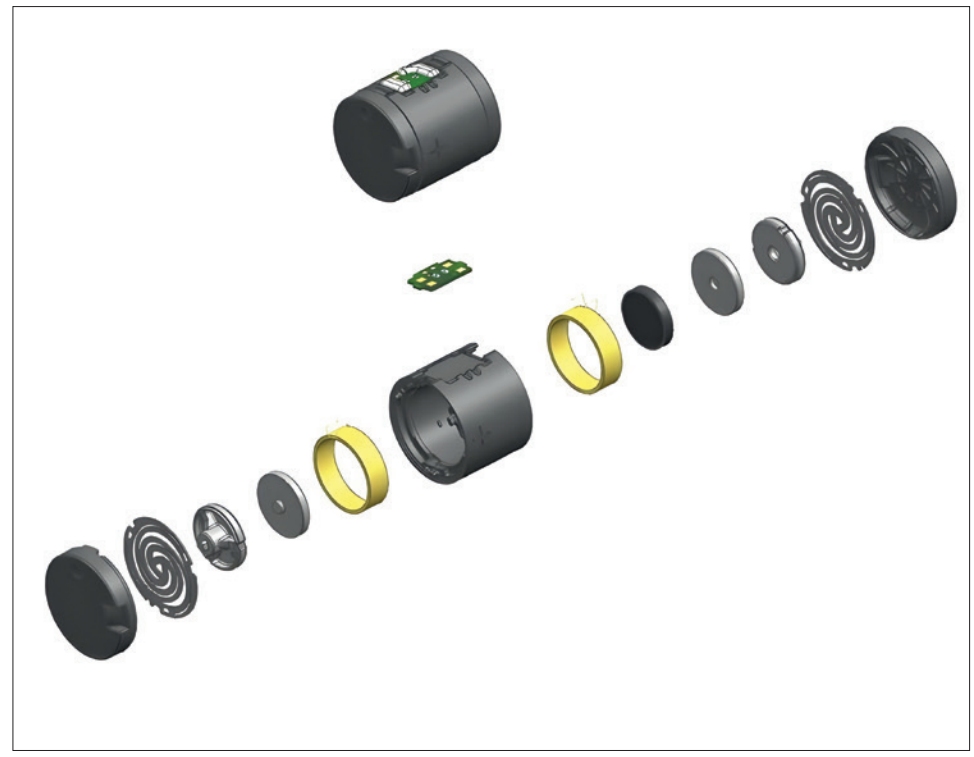
For applikationer med krav om præcision og fintunet feedback

De lineære resonante aktuatorer genererer vibrationer svarende til den teknologi, som man ofte finder i konventionelle højttalere, hvor en membran er forbundet til en spole og en elektromagnet. Når spolen får tilført energi, så flytter magnet og membran sig i forhold til hinanden og producerer derved lydbølger. I en LRA-komponent er en masse forbundet til spolen i stedet for membranen. Ved påtrykning af energi bevæger massen sig og danner lineære





Design af en lineær resonansaktuator (LRA) i et coin-design.



Design af en voice coil-aktuator (VCA).

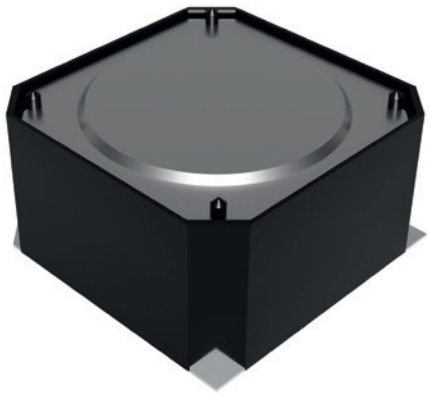
oscillationer. Massen flytter sig i forhold til den påtrykte frekvens og spænding i signaler, hvorfor man i en LRA uafhængigt kan styre såvel frekvens som amplitude af vibrationerne.

Den store fordel ved LRA-komponenterne er, at de er hurtige med en lineær respons, og modsat ERM-komponenterne er der ingen ramp-up tid. I drift vil brugeren føle vibrationen i samme øjeblik, spolen bliver energisat, og den fysiske masse bevæger sig op og ned – eller frem og tilbage.

LRA'er kan danne højopløste, engagerende vibrationsmønstre, der effektivt overgiver informationer til brugerne. Desuden findes der allerede haptiske driver-IC'er med integrerede, forudprogrammerede biblioteker af vibrationsmønstre. Disse IC'er inkluderer normalt også komplekse forstærker- og booster-kredsløb til direkte styring af aktuatorerne.

LRA'erne leveres desuden i de mindste kapslingsformer for de haptiske aktuatorer. De er desuden ekstremt energieffektive, hvilket gør dem til populære valg i eksempelvis wearables og lignende kompakte produkter.

Ydermere bliver LRA-komponenter konstant videreudviklet. En speciel funktion er de SMD-kompatible versioner, der for tiden bliver patentansøgt. HD-LA1307-SM fra PUI Audio måler kun 13mm x 13mm og giver en maksimal lineær acceleration på 1,8G ved en resonansfrekvens på 154Hz.



Med sine mål på kun 13mm x 13mm giver HD-LA1307-SM en maksimal lineær acceleration på 1,8G ved en resonansfrekvens på 154Hz – og så er det en SMD-version.

Til et bredt udsnit af haptiske effekter

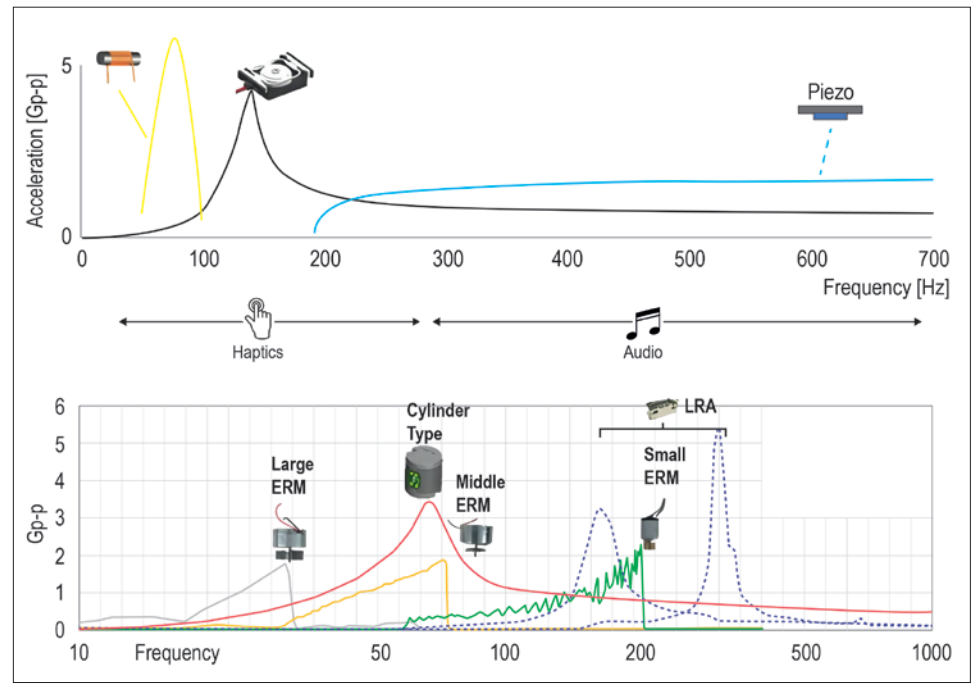
Voice coil-motorer (VCM) eller voice coil-aktuatorer (VCA) anvender en spole placeret i et magnetfelt til at producere en lineær bevægelse. Konstruktionen tillader flere slags haptiske effekter: kontinuerte vibrationer, bevægelser og kraft-feedbacks. VCA'er giver en høj grad af præcision og styring af de genererede haptiske effekter og bruges ofte i eksempelvis VR-applikationer. Generelt er VCM- og VCA-komponenter større end LRA-typerne. Det medfører dog også mulighed for stærkere og mere realistiske vibrationseffekter, end det er muligt at generere med en LRA. Samtidigt bruger VCA'er og VCM'er også mere energi end LRA-komponenterne.

Hvilken aktuatorteknologi til hvilke applikationer?

Et taktisk feedback via haptisk teknologi gør det muligt for produktdesignere at gentænke måderne, hvormed man udveksler information mellem produkt og bruger. Det er vigtigt for designingeniører at vurdere og forstå de forskellige aktuatorteknologier og vælge den ideelle haptiske aktuator til deres produkt. Valget af den bedst egnede aktuatorteknologi afhænger af flere faktorer. De omfatter krav til ydelsen, plads til rådighed, energieffektivitet, vægt, vibrationsmønstre, energiforbrug og selvfølgelig prisen.

Både LRA'er og VCA'er fungerer optimalt på systemniveau ved specifikke frekvenser, og det kan vælges til den højeste intensitet af vibrationerne. Det medfører, at LRA'er og VCA'er arbejder med et ret smalt område af vibrationer til de typiske funktioner. Ved designs bør man fokusere på optimering af det driftsområde, hvor hardware og software fungerer bedst muligt sammen. ERM-komponenter er ikke underlagt disse begrænsninger, da vibrationerne kun ændrer sig i forhold til spændingen og ikke frekvensen. Det giver et større udbud af vibrationsfrekvenser.

Den bedst egnede type af vibration til et design skal afgøres tidligt i et produkts designfase gennem en omhyggelig evaluering af muligheder og begrænsninger for hver slags aktuator. Det giver mening at rådføre sig med eksperter inden for aktuatorteknologier for at udbygge et værdifuldt indblik i de forskellige komponenter og teknologier.



Sammenligning af forskellige aktuatorteknologier.



EUROTECHNIC

VORES VIDEN – DIN TRYGHED

WWW.EUROTECHNIC.DK SALG@EUROTECHNIC.DK

EuroTechnic A/S Hagensvej 9-11 9530 Støvring +45 98373722

ISO 9001:2015 ISO 13485:2016

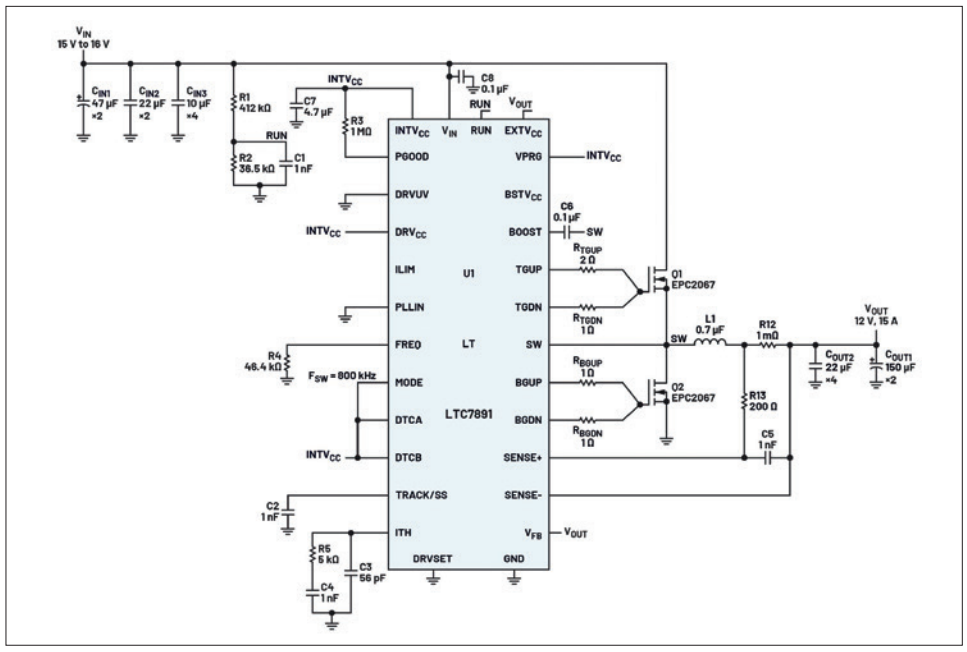
Smarte GaN buck-controller designs – del 1

Synkrone konvertere fungerer ved at omskifte (”toggling”) en kontrol-switch og en synkron switch (typisk en FET) on og off – og timingen er afgørende. Hvis delayet bliver for langt, falder effektiviteten. Men er delay for kort, risikerer man et såkaldt ”shoot-through”, hvis der løber strøm i begge dele af switchens par. Det mindsker også effektiviteten og kan skade komponenterne. Del 1 i den todelte artikel fortæller om dynamik og målinger i smarte GaN buck-controller designs

Af James R. Staley, senior product applications engineering manager, Analog Devices

FET-komponenter som GaN-komponenter til effektkonvertering er en vej til højere energitæthed, hurtigere switching og lavere tab på grund af GaN-komponenternes dramatisk mindre gate-kapacitans (Cg). GaN-FET'er har dog meget stramme VGS-grænser og har ingen body-diode. Derfor er reverse-ledetabene meget højere med længere dødtider, hvis man sænker gatens slew rate for at forhindre ringning. Men de kan fortsat blive udsat for de forringende effekter fra shoot-throughs. For at optimere brugen af GaN-FET'erne skal dødtiden optimeres. Eksemplet i *figur 1* er en 15V-36VIN, 12V/15A step-down konverter baseret på en LTC7891. Designet er specifikt til styring af GaN-komponenter, og vi skal se, hvordan man præcist kan måle dødtid og overshoots med en optimering af gate-modstanden i dette applikationskredsløb.

Switch-netværk i en buck-konverter med smart ”nærnul” dødtid består af en controller, som styrer kontrol-switchens Q1 top-gate (TG) og den synkrone switch Q2's bottom-gate (BG). Top-gaten er styret af separate pull-up/pull-down-modstande (TGUP, TGDN), og bottom-gate er tilsvarende styret med separate pull-up/pull-down-modstande (BGUP, BGDN). Switch-strømmen under hver enkelt switch-cyklus når deres gennemsnit med filternetværket på output, L1 og COUT, for at levere en reguleret output-spænding.



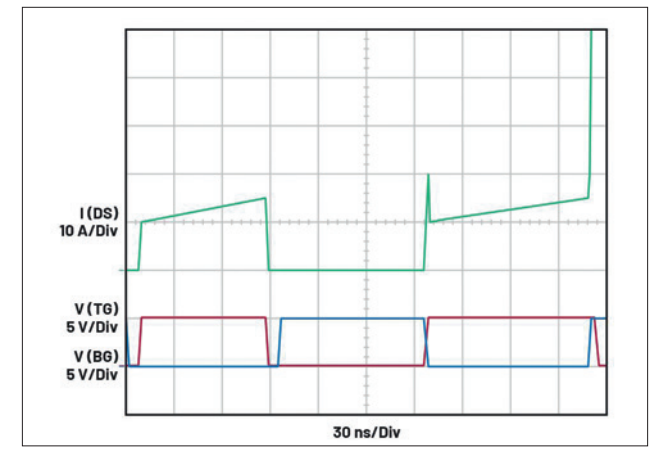
Figur 1: 800kHz, 15V-36VIN/12V buck-regulator, der giver et 15A output.

Tabsfri switch?

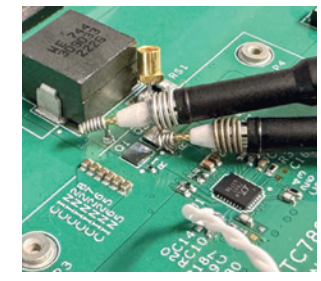
En ideel konverter skulle have tabsfri switche, som øjeblikkeligt og modsat hinanden ville gå ”on” og ”off”. Selv om GaN FETs kan tændes og slukkes hurtigere end andre teknologier på grund af GaN's lave kapacitans, så er der alligevel delays mellem controllerens on-kommando og switchens evne til at nå op til fuldt on-niveau. Det samme gælder for off-tilstanden. Delayet medfører overgangstab, der udgør en betydelig del af de totale ved switchet drift. Tab betyder varme, og det mindsker effektiviteten og opstiller termiske grænser for FET-driften. Men hvordan kan man praktisk udføre switchingen inden for de rammer, der dikteres af de ikke-ideelle switche?

Hvis begge switche går ”on” – selv i en brøkdel af et sekund – vil en lav RDS(ON) medføre en kortslutning mellem VIN og GND med en katastrofal switch-fejl til følge. Hvis begge switche er delvist ”on”, giver høje drain-strømme øjeblikkelige, høje temperaturstigninger, som stresser switchene og reducerer levetiden. Det er netop dét begreb, der kaldes ”shoot-through” *(figur 2)*. Den indledende switching har rundt regnet 8ns dødtid, og switch-strømmen følger den normale di/dt forbundet med switching til input-strømmen med ramping, når spolen i kredsløbet oplades. Den næste overgang har symmetriske, stigende og faldende flanker, hvor begge transistorer kan gå delvist ”on” med en resulterende skarp spike i drain-strømmen, som dog fortsat ligger under I(DS)MAX. Den sidste overgang tillader 2ns af on-tid overlap, og drain-strømmen får spikes pænt over den nominelle FET drain-strøm.

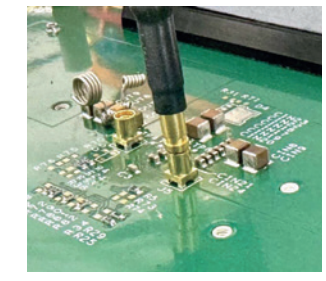
For at undgå shoot-through som følge af utilstrækkelig dødtid slukker controlleren den ene switch og forsinker tænding af den anden, hvilket netop er ”dødtid”. Det forhindrer dog kun shoot-through, hvis den programmerede dødtid er tilstrækkelig til at sikre en overgang med fuldstændige ”ons” og ”offs”. Men hvad nu hvis den tid bliver for lang? MOSFETs har en parasitisk body-diode, som vil ”clampe” switch-noden og forhindre reverse-breakdown, mens FET'en fortsat er ”off”. Dette temporære VF × IDS effekttab æder af effektiviteten, da det tager længere tid for



Figur 2: Shoot-through på grund af utilstrækkelig dødtid.



Figur 3: God probeteknik på bottom-gate og switch for at minimere ringnings-bidrag.



Figur 4: Tektronix optisk TIVP100-probe forbundet til top-gaten via en MMCX-konnektor.

FET'en at gå fuldt ”on”, da man erstatter VF × IDS effekttabsproduktet (typisk 0,8V til 1,0V) med IDS^2 × RDS(ON) tab, som jo er meget lavere. GaN FETs mangler body-diode-strukturen. De vil clampe under reverse-spændinger ved et højere potentiale – typisk 2V for en lateral transistorstruktur. Det medfører overdrevent store effekttab ved selv moderate dødtider, hvorfor GaN FET-controllere skal minimere dødtiderne. For at imødegå netop dét er der i MOSFET-baserede designs ofte en Schottky-diode placeret over den synkrone switch i parallel med MOSFET'en for at reducere forward-spændingstabet under dødtid. Diodens junction-kapacitans kommer dog hurtigt til at dominere som kilde til tab i switchede applikationer ved højere frekvenser, som GaN jo ellers er ideel til. Trade-offs, som man forbinder med disse overvejelser, er vist i tabellen i *figur 6*.

Problemer med GaN-baserede designs

GaN-baserede designs er nu tilsyneladende fanget mellem hammeren og ambolten. Shoot-throughs fra dødtidsfejl kan få switchene til at fordampe: For megen dødtid, og switchene vil lodde sig selv af printet, men hvordan finder man den optimale balance mellem en effektiv konvertering og en tilstrækkelig sikkerhedsmargin? Det smarteste ville jo nok være at integrere en adaptiv dødtidsfunktion i selve siliciet. LTC7890- og LTC7891-step-down controllerne er dual-/single-buck designs, som er bygget specifikt til at styre GaN FETs med en pin dedikeret til en smart nærnul dødtidsfunktion med en adaptiv dødtidsstyring med præcisionsmodstande. Arkitekturen måler smart de faktiske VGS- og VSW-niveauer for intelligent styring af timingen med henblik på præcision og sikkerhed for de styrede komponenter.

Det sker med hurtige justeringer af den præcise dødtid. I stedet for traditionelle open-loop gate-styringer bliver den programmerede dødtid justeret on-the-fly for at garantere, at turn-on og turn-off kun optræder, når controlleren behøver det snarere end at være dikteret af et gate-signal sammen med en parasitisk gate-modstand og kapacitans. Det minimerer reverse-ledetabene og sikrer det nær-nul reverse-recovery tab, som GaN-komponenter typisk giver. En komplet guide for disse driftstilstande er vist i tabellen i *figur 7*. Brugeren skal kun verificere, at den programmerede tilstand og timing er korrekt implementeret. Men denne verificeringsproces har sine egne udfordringer, som designeren først skal håndtere.

Målinger og layout-overvejelser

Måling af dødtid og overshoot-waveforms kræver styr på probeteknikker og implementering. GaN FETs har meget stramme VGS-constraints

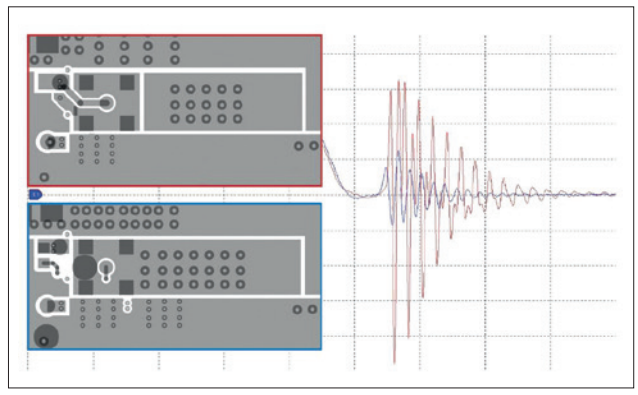


hin - since 1897 mød os på PRODUCTRONICA Se mere på hin.dk

i forhold til MOSFETs, typisk 5V med +6V- til -4V-ABSMAX. Stærke gate drivere med reaktive parasitiske elementer giver ringning og selv korte ture uden for specs kan skade GaN-komponenter. GaN-gates udgør en lavere kapacitans for drive-pin'en end MOSFETs, og dét gør dem så brugbare ved højere frekvenser. Proberne udgør dog selv reaktive elementer, som kan forstyrre de målte kurver/waveforms og give ukorrekt information om, hvad gaten "ser" i forhold til at være uden prober. Håndholdte prober og minimal hardware kan give katastrofer, hvis hånden smutter, og det klassiske krokodillenæb er udelukket. Den klassiske pigtail-probeteknik er normalt anbefalet for gode oscilloskopmålinger, for så vidt at returvejen er korrekt valgt for top-gate og switch-noderne *(figur 3)*. Det efterlader dog fortsat en floating top-gate med en besværlig adgang for proben. En løsning kunne være brug af en probe som en MMCX-type eller header-pins, som kan tilpasses MMCX probe-tips. Hvor bottom-gaten kan referere til GND, refererer top-gaten til switchen, så man skal bruge en form for isoleret probe. Optiske prober som Tektronix' TIVP eller den nyere TICP med lavere afdrift kan give den nødvendige isolation for målinger på top-gaten, så man kan bruge en MMCX-konnektor. *Figur 4* viser et typisk LTC7891 dødtids-setup af målinger med en MMCX-konnektor placeret direkte under FET gate-pin'en koblet til en optisk 1GHz-probe.

Konnektorerne udgør selv et studie i kompromiser. Overflademonterede MMCX-konnektorer optager fysisk plads på printet. Det er et problem i tætte layouts. Hvis en konnektor er (optimalt) placeret direkte over gate- og source-pins på FET'en uden yderligere gate-lederbaner, så kan det gøre layout mere spredt, end ønsket er. På den anden side vil en placering af en konnektor, så den ikke er i vejen, give forøget induktans og modstand fra lederbanerne, og det ødelægger målepræcisionen. Et alternativ kunne være leadede headers (through-hole), som kun er placeret for målingernes skyld og siden udelukket i den endelige montage, men det kræver igen en adapter, der forhøjer de parasitiske elementer en smule, ligesom der vil være ringformede åbninger i alle printlagene.

Med fokus på en optimal balance mellem trade-offs og et omhyggeligt layout kan man dog opnå en minimal mængde overshoot og ringning som følge af parasitiske elementer *(figur 5)*. Det originale layout (rød outline) har fået en MMCX-konnektor solidt forbundet til switch-noden, og gaten forbundet med via og inderspor fra printet til gate-pad'en på GaN-FET'en. Det røde spor viser ringning på mere end +6,4V/-9,1V. Med de samme 2,2Ω pull-up/1,0Ω pull-down gate-modstande, men med ændring af layout (blå outline), for at adskille MMCX's body fra switch-noden, og brug af en Kelvin-forbindelse i stedet for, viser det blå spor +2,4V/-1,8V ringning ved top-gatens turn-off. Konklusionen er her, at selv små justeringer i layoutet kan have betydning for det målte tal for overshoot, hvilket er en afgørende parameter for at tune overshoot ud af designet og derved sikre, at GaN-FET'erne ikke bliver overstyrede.



Figur 5: Top-gate turn-off waveforms viser effekten af de parasitiske elementer i en probeforbindelse. Rød: non-Kelvin forbundet, blå: Kelvin-forbundet MMCX-konnektor. 20ns/div, 2V/div med brug af en optisk Tektronix TIVH 1GHz-probe.

Verificering af dødtid

Når en måleteknik er valideret kan verificering af dødtiden begynde. Første skridt er altid at sikre, at top-waveformen er uden skew, uanset hvilken type af probe man anvender – i forhold til bottom-signalet og brug af en fælles signalkilde. Dødtiden er relativ, så skew for én kanal i forhold til en anden betyder ikke så meget, så længe det fælles signal bliver vist under en horisontal offset. Det justerer også for enhver gain- og offset-fejl (almindelige problemer med optiske prober) – eller giver i det mindste mulighed for justeringer efter målingerne. Optiske prober skal stabilisere sig termisk, før man kan træffe beslutninger baseret på de målte data. Det giver som regel mening at registrere indstillingerne for gain og offset.

En baseline-måling af de lavest mulige spændinger og strømme (lavere VIN for buck, højere VIN for boost) bør udføres, for man presser effektgrænserne for designet, når setup er fuldført. Gate-overshoot skal skaleres som en funktion af input-spænding og output-strøm, så hvis designet kører på marginerne, er det bedst at opdage og korrigere for dét, før man forsøger at flytte grænserne. Hvis det oscilloskop, man bruger til test, har reference-markører, er det en hjælp at placere dem i de øvre og nedre grænser for GaN-komponentens VG-databladsspecs som en visuel hjælp til at overskue det acceptable måleområde. Brug switch-nodens waveforms til trigging og overlay af top- og bottom-gate waveforms for at få det optimale billede af dødtiden. Ideelt skal en differential eller optisk probe bruges til måling af top-gatens waveforms. Hvis målingerne skal udføres med reference til jord/stel, er det ofte en hjælp at anvende skopets trace-math-funktioner (hvis de er til rådighed) for at fratrække switch-nodens fra top-gate nodens inputs for at opnå en virtuel jord-/stelbaseret trace til efterfølgende analyse.

Systemdesignere kan have stor tillid til robustheden i GaN-baserede designs implementeret med LTC7890 og LTC7891 step-down controllerne. Når en prototype er sat op til præcise bench-målinger af switchingens waveforms, kan designeren vælge en konfiguration og siden optimere gate drive-signalerne. Det vil vi se nærmere på i "Smarte GaN buck-controller designs – del 2: Konfiguration og optimering", som er planlagt til Aktuel Elektronik 12/2025, som udkommer den 16. december i år.

Dead Time Control (DTC) MODE	DTCA	DTCB	Dead Time (ns)
Smart Near-Zero DTC	$INTV_{CC}$		0 (typ)
Adaptive DTC	GND		20 (typ)
RSET DTC	10 Ω to 200 kΩ	10 Ω to 200 kΩ	7 to 60

Figur 7: Tabel over DTC-tilstandskonfiguration.

	BSZ097N10NS5 MOSFET	EPC2218 GaN FET	PMEG100T030 Schottky
V_F (V)	0.9	1.5	0.7
I_D (A)	20	20	20
Reverse Conduction Loss (W)	0.36	0.60	0.28
Q_{RR} (nC)	60.0	0.0	9.5
Reverse Recovery Loss (W)	1.44	0.00	0.23

Figur 6: Tabel over tab fra 48V til 12V ved 500kHz FSW og en 20ns dødtid.







Morgendagens forsyning

Halvlederproducenter som Toshiba investerer for tiden storstilet i produkter og processer, der skal give "Excellence in Power" for elektronikken i det næste århundrede

Af Armin Derpmanns, vicedirektør for Marketing & Operations Division, Toshiba Electronics Europe GmbH

De transformerende teknologier som AI, elbiler og bæredygtige energisystemer skaber et massivt behov for højtydende halvledere. Applikationerne har et fællestræk i form af behovet for en større effekttæthed, bedre effektivitet samt bedre termisk management. Samtidigt arbejder komponenterne i en skala, hvor selv små trinvise forbedringer kan oversættes til milliarder af dollars i energibesparelser.

For halvlederproducenterne repræsenterer disse teknologier nogle betydelige forretningsmuligheder. Fremskridt inden for siliciumbaserede MOSFETs og IGBT'er samt fremkomsten af widebandgap materialer som siliciumkarbid (SiC) og nye kapslingsformer vil løbende drive brugen af disse kritiske effektkomponenter på tværs af multiple vækstmarkeder. Sammen med en langsigtet dedikation fra producenterne til bæredygtig fremstilling vil disse drivere af fremskridtet give halvledervirksomheder glimrende muligheder for at kunne opnå fremragende resultater i den næste generation af effektelektronik.

For at kunne få udbytte af væksten har en række halvlederproducenter gjort sig klar til de næste nye og innovative skridt fremad. Toshiba anerkender for eksempel, at AI-infrastrukturen, elbiler og bæredygtige energisystemer vil være de afgørende faktorer i de kommende årtier, og Toshiba gør da også sit yderste for at kunne kapitalisere på de kommende markedsmuligheder. En flerårig Revitalization Plan har ført til løbende investeringer i faciliteter, der flytter innovationen i effektelektronikken fremad og supporterer udviklingen af cutting-edge applikationer.

I Japan har opførelsen af en ny 300mm wafer-fab i Ishikawa-regionen eksempelvis ført til, at Toshibas produktionskapacitet for effekthalvledere – primært MOSFETs og IGBT'er – nu er 2,5 gange højere end i 2021, da investeringsplanen tog form. Samtidigt sikrer konstruktionen af en high-tech back-end produktionsfacilitet i Hyogo-området en højt automatiseret kapsling og montage med test af et bredt udsnit af diskrete halvledere til applikationer som elektriske køretøjer.

Vigtigst er, at den omtalte Revitalization Plan følger en global og alligevel lokal strategi for at imødekomme behovet for effekthalvledere i verdens nøgleregioner. Det inkluderer en styrkelse af tilstedeværelsen i Europa for tættere forbindelser til markedet med leverancer af skræddersyede produkter og løsninger. Derfor opretholder Toshiba også sine faciliteter i lande som Tyskland, Frankrig, Italien, Spanien, Sverige og Storbritannien, så markederne følger individuelle perspektiver på et informeret grundlag.



Armin Derpmanns er mangeårig vicedirektør for marketing og drift hos Toshiba Electronics Europe GmbH, og han kortlægger den internationale koncerns planer for udvikling af især effektelektronikken i denne artikel.

Udvikling af nye produkter

Men hvordan fører disse investeringer i R&D samt nye produktionsfaciliteter til produktinnovation? Svaret ligger i flere afgørende teknologiske fremskridt på områder som energieffektive SiC MOSFETs, IGBT'er, dioder og gate drivere. Lad os se på nogle af disse gennembrud på et mere detaljeret plan:

Først er der udviklingen af nye 1200V SiC MOSFETs med 30 procent lavere on-modstand gennem et skakternet arrangement af embedded Schottky-Barrier-dioder (SBD), der specifikt er designet til automotive traktionsinvertere. Det nye design øger energi-effektiviteten, men opretholder et højt niveau af pålidelighed under tilbageledning af energi – et kritisk problem, der har plaget de traditionelle SiC MOSFETs. Da elmotorer forbruger mere end 40 procent af den globale elektriske energi, vil mere effektive effektkomponenter bidrage betydeligt til energibesparelser og bæredygtighed i elbiler og motorstyringer generelt.

For ydermere at kunne optimere SiC-teknologien udvikler Toshiba nu også den næste generation af SiC MOSFET med en trench-teknologi, som forbedrer UIS-robustheden, ligesom SiC super-junction Schottky-barrieredioder undertrykker en stigende resistans ved højere temperaturer. Begge hjælper til lavere on-modstand gennem en samtidigt højere grad af pålidelighed.

IGBT'er og dioder repræsenterer endnu et område for innovation. Toshiba har over 20 års erfaring inden for fremstilling af IGBT'er og dioder med mere end 300 millioner fremstillede komponenter samt en bevist historik for ultralave defektrater. I den forbindelse kombinerer det seneste fremskridt inden for siliciumbaserede reverse-ledende IGBT'er netop IGBT-elementer og en friløbsdiode på samme die, hvad der igen flytter grænserne for innovationsniveauet. Denne metode reducerer nemlig chip-arealer af effekthalvlederelementerne og giver samtidigt en lav termisk modstand på grund af et større varmeafledende areal.

Den reverse-ledende IGBT bidrager til design af mindre løsninger som traktionsinvertere. Fremover er der endda potentiale til yderligere af optimere designet. Gennem en undertrykkelse af injicering af overskydende huller fra IGBT-siden under drift af friløbsdioden forbedrer man netop friløbsdiodens karakteristik uden nogen negativ indflydelse på IGBT-karakteristikken.

Endelig leverer Toshiba et stort program af beskyttelses- og isolationskomponenter som optokoblere og højvoltsfotorelæer til blandt andet automotive batteri management-systemer samt nye generationer af digitale isolatorer. Et vigtigt punkt i dén fremtidige optimering, som Toshiba arbejder på for tiden, er en Active Gate Control gate driver-teknologi, der hjælper til at styre SiC MOSFETs og IGBT'er mere effektivt, så man fremover vil kunne løse de trade-offs, der opstår imellem switching-tabene og støjen med en optimering af gate driveren under switching. Selv om de tekniske detaljer fortsat er hemmelige, så viser tests foretaget in-house, at ved at styre driverens amplitude med en optimal timing kan denne Active Gate Control give forbedringer både i forhold til transienter og tab sammenlignet med en mere standard spændingsstyret slew rate-kontrol, hvilket i høj grad booster ydelsen af komponenterne.

Optimering af designs

De nævnte gennembrud for produkterne hjælper alle til en ny æra inden for effektelektronikken. Men de tekniske fremskridt skal dog indgå bredere i en mere samlet strategi for optimering langt ud over de individuelle komponenters ydelse. Robusthed og prisoptimering til specifikke applikationer har også en afgørende betydning. Kapslingen er i den sammenhæng et glimrende eksempel: Toshibas ingeniører har fokus på kritiske områder som avanceret termisk management, øget pålidelighed og kompakte formfaktorer, der alle forbedrer den samlede systemydelse – og samtidigt forenkler fremstillingsprocesserne.

Integration på systemniveau spiller også ind. Komplementerende produktfamilier som mikrocontrollere, gate drivere og isolerende komponenter skal alle designes til at kunne fungere sammen for maksimal effektivitet. Toshiba opnår de mål gennem at levere referencedesigns, simulationsmodeller, support af simulation på systemniveau samt en modelbaseret designtilgang.

Ud over de komponentrelaterede halvlederløsninger findes der et eksempel på, hvordan Toshibas Digital Solutions Corporation nærmer sig simulation på systemniveau med VNET DCP. Denne højniveau simulationssoftware forbinder et stort antal simulationsmodeller og flere udviklingsværktøjer, så man kan opbygge et kollaborativt miljø for modelbaseret udvikling på tværs af multiple designteams og virksomheder. Den cloud-baserede platform gør virksomheder i stand til at teste for eksempel komplekse køretøjssystemer som autonome køretøjer i et sikkert digitalt arbejdsområde. Producenter og leverandører kan sammenkoble computermodeller for at udføre storskalatests uden at afsløre hinandens designhemmeligheder. VNET DCP håndterer automatisk den vanskelige opgave, det er at linke forskellige simulationsværktøjer og modeller sammen, så de individuelle teams kan fjernstyre tests fra én enkelt lokation. Den kollaborative tilgang gør virksomheder i stand til tidligere at identificere problemer, så kvaliteten øges, og man hurtigere kan udvikle bedre produkter.

Bæredygtig drift

Den omfattende tilgang til forbedringer udgør et solidt fundament for de fortsatte fremskridt inden for effektelektronikken. Toshiba er desuden dedikeret til langsigtet R&D for at sætte tempoet op for bredere leading-edge egenskaber, der bringer det karbonneutrale samfund og den cirkulære økonomi nærmere gennem digitaliseringen. Et eksempel er det Regenerative Innovation Center i Düsseldorf, der fungerer som en central forsknings-hub for komponenter som batterier og halvledere samt energi med en særlig fokus på bæredygtige ressourcer. Dertil kommer hydrogen og energistyring samt karbonnegative løsninger, som involverer CO_2-fangst, -lagring og -brug. Foruden selvfølgelig de digitale platforme, der handler om at styre energi- og CO_2-data.

Bæredygtighed er også en væsentlig motor for udviklingen. Toshiba er et aktivt medlem af det internationale Carbon Disclosure Project og er for tredje år i træk udnævnt til "Supplier Engagement Leader" af den internationale nonprofit organisation CDP i dennes 2024 Supplier Engagement Assessment. Samtidigt giver Toshiba Groups initiativ, Environmental Future Vision 2050, en roadmap for et mere bæredygtigt samfund.

Kort summeret anerkender Toshiba teknologiens transformative natur med begreber som AI, elkøretøjer og bæredygtige energisystemer med den positive indflydelse, de samlet set har på samfundsudviklingen. Med de rigtige folk, produkter og processer er Toshiba dedikeret til support af innovative planer for fremskridtet gennem visionen "Excellence in Power" – både nu og i fremtiden.

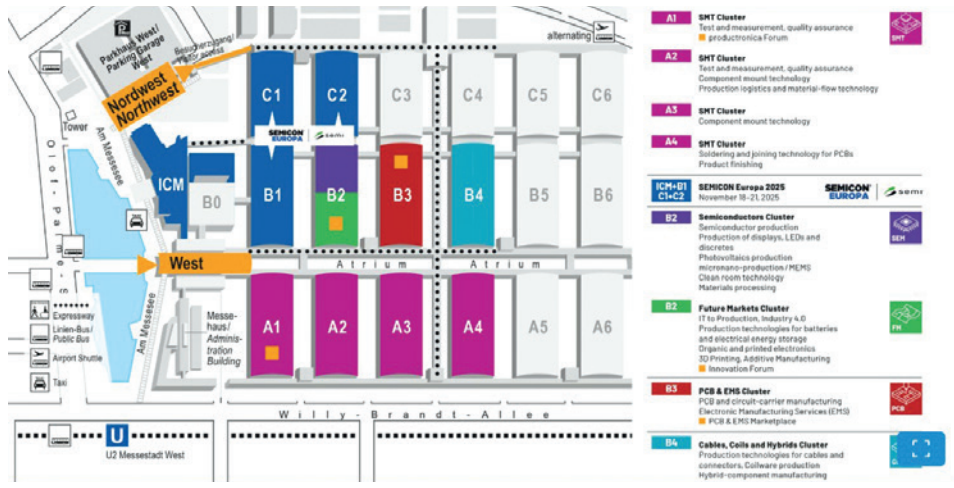




Kompakt og overskuelig Productronica igen i 2025

Trods USA's "chips-act" og en udsigt til snarlig allokering på grund af et forventet behov for enorme datacentre til AI-opgaver verden over er Productronica endnu en gang udlagt "forsigtigt". Backsourcing og mere automatisk elektronikproduktion vil dog tiltrække både udstillere og besøgende

Af Rolf Sylvester-Hvid



Halplan over Productronica 2025. Kun de syv/10-11 haller i de vestlige to tredjedele af messeområdet er i brug. Det letter overskueligheden og opgaven med at planlægge besøgene.

På vej til Productronica i München? Vi er – på redaktionen i hvert fald – og vi glæder os til at se på de mange spændende nyheder på verdens største messe for produktionsudstyr til elektronikbranchen. I dagene den 18. til den 21. november kører messen igen. Messen ligner sig selv i forhold til 2023 som en helt "normal" messe. Men i horisonten lurer de enorme subsidier til halvlederbranchen i både USA og EU – og en massiv backsourcing til vestlig produktion fra de asiatiske lavtlønsregioner. Usikkerhed på den lidt sløve start på året betyder, at mængden af udstillere nok er mindre end tidligere år – hvis man da ellers kan betegne det ret omfattende udstillingsareal som "mindre"? Og jokeren i spillet er AI – og det desperate behov for datacentre til at opfylde markedets forventede behov for enorme mængder af beregninger, når AI på sigt afløser menneskets evne til at tænke selv.

Semicon Europe 2025 fylder stadigt mere som messe og konference parallelt med Productronica, og Semicon Europe har derfor sat sig på hallerne ICM, B1 samt C1 og C2. Det er en lille smule irriterende, at det fremstår som en separat event, for halvlederteknologi og elektronikproduktion hænger stadigt tættere sammen. Det handler trods alt om systemer snarere end "byggeklodser" (Bausteine), som tyskerne fortsat kalder komponenterne.

Man må som udgangspunkt regne med, at besøgende (danskere) på Productronica har et klart billede af, hvilke teknologier de vil se nærmere på, og i dét lys giver en kompakt messe med en udskillelse af et muligvis irrelevant område et bedre overblik. Selvfølgelig kommer halvlederne til at spille en stadigt større rolle i fremtidens elektronik, men vores teknologiske ret amatøragtige regering har effektivt formået at tiltrække absolut ingenting fra EU-midlerne til dansk halvlederproduktion. Vi er på vej ud af en periode, hvor der i nogle måneder har været et dyk i fremstillingen af elektronik, men de kommende satsninger på AI-datacentre vil nok komme til at kræve bestykningskapacitet i store volumener. Det vil så nok være realistisk at gætte på, at storskalaproducenterne ikke gider at røre ved små og mellemstore opgaver, og det åbner døren for dansk elektronikindustri, men det vil kræve udstyr, der kan køre både små batches med store mix – og volumener, som set gennem danske briller nok vil kunne ses som værende pænt store.

Lidt reduceret, men overskuelig messe

Skal vi nu lade gisningerne ligge og komme tilbage til messens konkrete faglighed, så ser Productronica ud til at være strammet op som aldrig før – med igen i år kun syv haller i brug. 10-11 stykker, hvis vi regner Semicon Europe for halvlederproduktionen – og ICM-salen med. Vi sætter faktisk stor pris på det kompakte format, for overskueligheden er kommet helt i top, og en del udenoms la-la er blevet fjernet. Det er kort og godt business – men i det mindste også lidt business-as-usual.

Hardcore Productronica-besøgende vil derfor kunne nikke genkendende til, at hallerne A1 og A2 er hjemsted for testløsningerne til fremstilling og kvalitetssikring af elektronikken. Hallerne A1 til A4 er samlet som en "SMT-cluster", og overgangen er derfor glidende fra test over montage til lodning, herunder også logistik og færdiggørelse af de monterede boards med lodteknologierne samlet i hal A4. Der er desuden gået lidt "trafik & musik" i hal B2, hvor man også har samlet renrumsteknik, optik/displays, materialehåndtering i én blandet landhandel. Vi må dog glæde os over, at halvdelen af hal B2 også er dedikeret til "additiv produktion", som er det nye dyr i junglen – og meget relevant. Hal B3 er derimod mere stram: print og substrater – og ikke mere! Lidt det samme gør sig gældende for B4: kabler, trådviklede produkter og hybridteknikker. Sådan!

Da udstillingen kun bruger de vestlige to tredjedele af messeområdet, bør man kun anvende U-bahnens Messe West-station. Ellers får man en lang spadseretur til den aktive del af området. Kører man til München i egen bil, er man også behageligt tæt på P-området ved messen – enten P-haus West eller P3-området. Generelt forventer vi ikke det sædvanlige meget store kinesiske kontingent, og selv om det kan have sine muntre sider, så bidrager det i høj grad til seriøsiteten, at man ikke bliver overfaldet af gadegøglere fra standene fra "Riget i Midten". Det har tidligere været lidt anstrengende.

Aktuel Elektronik er vanen tro på pletten, og vi skal nok dække bedst muligt, så man også kan få nyhederne med, hvis man ikke selv er i stand til at tage turen til München. Ved at klikke ind på: https://productronica.com/en/tradefair/hall-plan/ kan man gå videre til en interaktiv halplan, der detaljeret fortæller om placeringen af udstillere i de enkelte haller.

▶ *BAGSIDEN fortsat*

den danske virksomhed Toria tilbage i 1990'erne.

Designet er slet ikke ueffent, og bilen har tilsyneladende en lav vægt, der gør den mere interessant end mange af dagens SUV-klodser på op til 2,5 tons. Hvem siger, at en elektrisk drevet bil skal være stor og slæbe rundt på 400-500kg batterier.

Solceller og rapsolie

Hvis vi nu kigger nærmere på den fine, gule Connector 2001, så er det mest iøjnefaldende ved bilen en øvre beklædning på frontklappen og tagkonstruktionen, der går hele vejen ned til bagklappen i det stationcar-lignende design, med solceller, som ligger fint og plant ned til bilens overflade. Solcellerne kræver vel én eller anden form for lille batteri for at lagre en vis mængde energi, men informationstavlerne fortæller ikke noget om et ombordværende batteri, men tanken er nu også, at Connector 2001 kun skulle have en rækkevidde på de 10-30km. Det svarer nogenlunde til mange danskeres kørebehov, og ved hastigheder op til 50km/t kommer man rigtig langt med selv meget få kilowatt – især hvis bilen er så let, som Connector 2001 må formodes at være.

Skal man ud på længere afstande, er Connector 2001 forsynet med en lille rapsoliemotor. Det er med andre ord en hybridbil, og det er der intet galt i – og slet ikke med brug af rapsolie, der ret beset må betragtes som værende CO_2-neutralt. Heller ingen grund til at more sig over en rapsoliemotor. I Indien bruges rapsoliemotorer på mindre motorcykler, som i forbavsende grad præsterer at køre over 100km/literen. I Connector 2001's tilfælde er den lille rapsoliemotor i stand til at hive det gule lyn op på 130km/t, og de første 100km/t når man på 15 sekunder. Det er egentlig okay køredata, og selv om motoren nok ikke er stor, så har den lave vægt sikkert stor indflydelse på både hastighed og acceleration.

Toria og Connector 2001 kom til verden med støtte fra Rådet for Genanvendelse og Renere Teknologi, Energistyrelsen, Erhvervsfremmestyrelsen, Færdselsstyrelsen og flere private sponsorer. Så vidt det vides, er der kun fremstillet ét eksemplar af Connector 2001, og formålet var angiveligt at bevise bæredygtigheden af en solcelle-/rapsoliedrevet hybridbil. Bilen står der – og den kunne køre, så beviset for funktionen er til stede. Men måske var dansk forskning for tidligt ude, og i 2001 så man fortsat el- og hybridbiler som et kuriosum. Men tanken om massefremstillede, lette og bæredygtige – stort set forureningsfri – køretøjer er slet ikke dum – og da slet ikke med de fremskridt man har opnået inden for solcellerne. Man kan så bare ærgre sig over, at vi ikke har fået en volumenproduktion af et dansk fremsynet bilmærke sat i gang. Idéen fejlede i hvert fald ikke noget …

harding
mikroskoper, stereolupper, kameraer & tilbehør

Elektronik
Finmekanik
Mikromekanik
Rumfartsindustri
Flyindustri
Guldsmede
Smykkefremstilling
Fødevareindustri
Medicalindustri
Laboratorier
Tandllæger
Hobbyprojekter
Læreanstalter
Skoler
Museer



Forstørrelse: 13x–140x på 24" skærm
Arbejdsafstand: 22 mm–214 mm
CMOS-sensor: 2M pixels
Outputgrænseflade: 1080P Full HD og USB 3.0 TYPE-C højhastighedstransmission
Fokussystem: IR-fjernbetjening, alternativ auto- og manuel fokusering
Lys: Indbyggede 30 stk. vidvinkel-LED'er

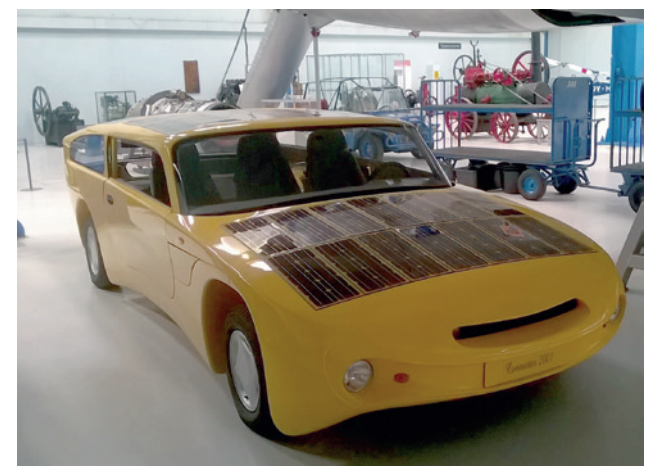


Forstørrelse: 3x–43x på 24" skærm
Arbejdsafstand: 20 mm–300 mm*
Synsfelt: 11–142 mm*
Dybdeskarphed på op til 20 mm
Outputgrænseflade: 1080P Full HD og USB 3.0 TYPE-C højhastighedstransmission
(*) Maks. WD 300 mm og FOV 142 mm med valgfri stativ S-109 / S-110

LEIF HARDING MADSEN
Haraldsborgvej 93
4000 Roskilde, Tlf. 46363300, Fax. 46320020, E-mail: leif.harding@mail.dk - www.lhmtools.dk

El-/hybridbiler? Danmark kunne godt være med ...

Det har været lidt for let at more sig over de mange danske forsøg på at give markedet en brugbar elbil. Ellerten var nok lidt for udsat i trafikken, Kewet var for meget bybil og – ja – hvad var der ellers? Åh jo, på Teknisk Museum i Helsingør står der et fint bud på en solcelle-/hybridbil tilbage fra 2001



Toria fremstillede Connector 2001 i slut-90'erne. Den solcelle- og rapsoliedrevne hybridbil er både let og bæredygtig og fremstillet for at bevise, at denne type køretøj kunne være en realitet. Men den blev kun fremstillet i ét eksemplar, som nu desværre er sat i skyggen på Teknisk Museum.

Af Rolf Sylvester-Hvid

Et besøg på Danmarks Tekniske Museum i Helsingør giver meget ofte anledning til lidt eftertanke. Der er opstået virkeligt mange gode danske tekniske idéer igennem et par århundreder, men vi har i vores hjemland en fortvivlende (manglende) evne til at få produkterne ud over rampen i store styktal. Fokus er generelt også mere på det menneskelige mod i forhold til teknikken end på produkterne selv, og det er lidt synd. Bevares, det er da fascinerende at se den rumkapsel, som Andreas Mogensen blev sendt ud i rummet med. Det ligner en tre-personers rusten østbil fra 50'erne, og det er strengt taget også tæt på, hvad det er. At lade sig blæse ud i rummet med flere tusinde km/h for at koble sig sammen med et lige så hurtigt bevægeligt rumlegeme, hvor et møde med mere end ganghastighed ville være katastrofalt i sådan en metaldåse, kræver virkeligt et ufatteligt mod, så respekt for dét.

Men flere udstillingsgenstande er sat lidt i skyggen på Teknisk Museum. Og det er synd, for mange af de produkter, som tiden nok er ved at glemme, repræsenterer både vision og innovation samt ofte reelle bud på fremtidens løsninger, men måske er vi i Danmark lidt for tidligt ude med vores lyse idéer og øjeblikke? Eller også har folkeviddet så travlt med at more sig over de krøllede hjerner og deres visioner, at pengemænd og finansiering bare holder sig væk? Svært at sige, men der er rigtig mange produkter og løsninger, som i grunden kunne have været særdeles anvendelige på massemarkederne.

I skyggen – af alle steder – under vingerne på et Caravelle-passagerfly fra 60'erne står der en bil. En hybridbil faktisk, og den er i grunden slet ikke så designmæssigt håbløs, som mange andre alternative køretøjer har været – eller mange af dagens temmelig grimme elbiler for den sags skyld. Bilen hedder Connector 2001, og den blev udviklet som et bud på fremtidens køretøj af

▶ *Fortsættes på side 27*

aktuel elektronik

Afsender: TechMedia A/S, Naverland 35, DK-2600 Glostrup, tlf. 43 24 26 28 | **Abonnementshenvendelser:** abonnement@techmedia.dk

