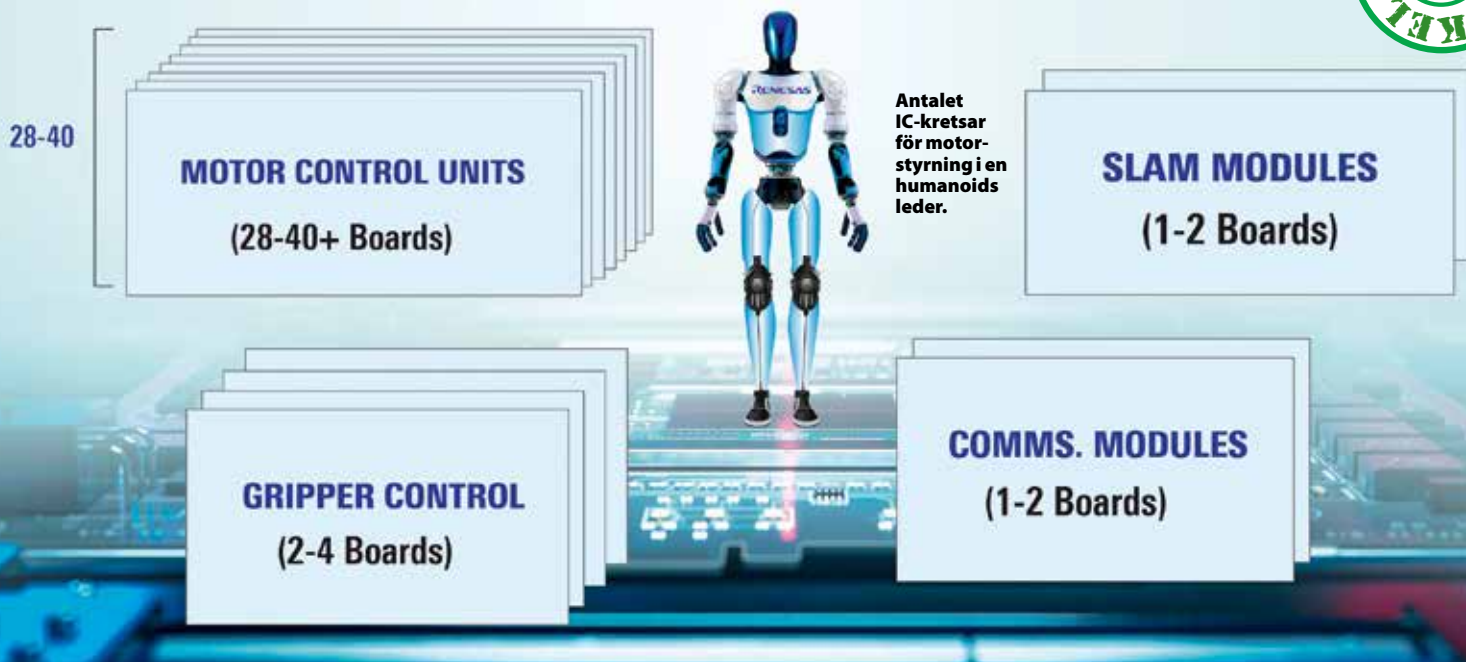




200 analoga kretsar gör

En humanoid robot kan innehålla fler än 200 analoga kretsar för motorstyrning, positionsmätning, kraft- och momentåterkoppling samt effektstyrning. Ju mer autonom roboten blir, desto större krav ställs på den analoga signalkedjan som förbinder sensorerna med AI-systemet.

En AI-styrd robot kan verka mycket intelligent – tills en felaktig signal får den att fatta fel beslut. En robotarm som mäter sin position fel med en bråkdel av en grad kan gripa fel komponent. En lagerrobot som får brusiga sensordata kan stanna eller avvika från sin rutt. En humanoid som förlorar den exakta återkopplingen från fingertopparna kan tappa föremålet den håller i.

Problemet är att systemet inte nödvändigtvis vet att informationen är felaktig. Det agerar utifrån den information det får.

AI används i allt större utsträckning i fabriker, fordon, robotar, satelliter och datacenter. Men varje system som ska interagera med den fysiska världen behöver ett gränssnitt mellan den analoga verkligheten och den digitala databehandlingen.

I humanoida robotar är det den analoga signalkedjan som gör det möjligt för den digitala intelligensen att interagera med omgivningen. Analoga kretsar används för att mäta fysiska storheter, konditionera och förstärka signalerna, filtrera bort brus och

Av Karthi Gopalan, Renesas Electronics

Karthi Gopalan är VP för strategi och marknadsföring för analoga produkter inom robotik och AI. 2024–2026 arbetade hon som konsult och innan dess hade hon ledande roller hos Analog Devices.



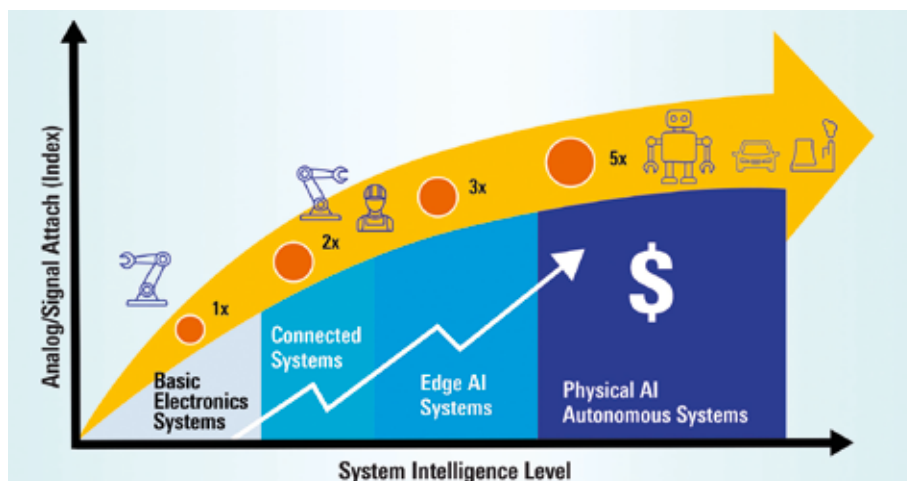
omvandla signalerna till digitala data som processorer och programvara kan använda.

Signalkedjan omfattar hela vägen från sensorer och analoga front-end-kretsar till datakonvertering, synkronisering, effektmätning och styrning. Ju mer avancerad roboten är, desto högre blir kraven på denna kedja.

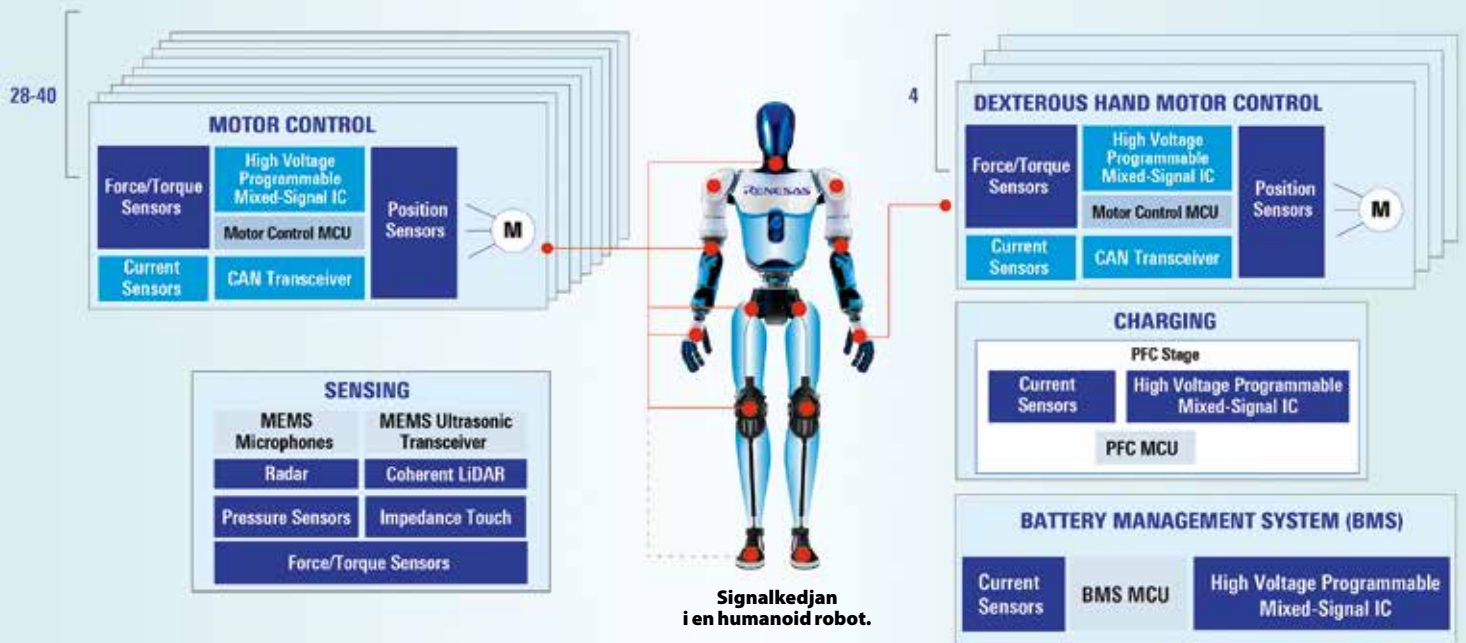
NÄR FYSISK AI går från prototyper till produkter uppstår ett återkommande mönster. När maskiner blir mer autonoma, precisa och säkerhetskritiska ökar behovet av analog- och mixed-signalkretsar.

Ökad autonomi innebär fler sensorgränssnitt, fler dataomvandlare, fler motorstyrningskanaler, fler matningsspänningar och mer omfattande säkerhetsövervakning.

För humanoiden blir utvecklingen som allra tydligast. En avancerad humanoid kan använda fler än 200 analoga kretsar för bland annat motorstyrning i lederna, positionsmätning, moment- och kraftåterkoppling, effektstyrning samt lidar, kameror, berö-



Mängden analoga IC-kretsar ökar med graden av autonomi.



humanoiden intelligent

rings-, tryck- och impedanssensorer.

Samma arkitektur återkommer i mindre skala ända ut i robotens fingrar, där små positionsfel och korta tidsfördröjningar kan avgöra om roboten lyckas hålla ett föremål.

I varje led behövs motorstyrning och strömmätning, positionsåterkoppling med exempelvis pulsgivare eller resolvar, återkoppling av moment och kraft, lokal effektstyrning samt tillförlitlig kommunikation.

I händer och fingrar tillkommer bland annat tryck- och impedansmätning för att roboten ska kunna hålla ett stabilt grepp.

Den analoga elektroniken är därmed inte bara ett stöd för AI-processorn. Den avgör vilken information AI-systemet får om den fysiska omgivningen.

INDUSTRIELLA MILJÖER ställer stora krav på signalintegriteten. Temperaturvariationer, vibrationer, elektromagnetiska störningar och långa kablar kan försämma signalerna på sätt som är svåra att korrigera i efterhand med programvara.

En positionssensor som exempelvis driver en halv grad när temperaturen förändras behöver inte generera något felmeddelande. Den lämnar bara ett felaktigt mätvärde, som



AI-systemet sedan kan behandla som korrekt information.

Detta är en viktig skillnad mellan AI som fungerar under kontrollerade laborieförhållanden och AI som ska fungera tillförlitligt i industriell drift.

För att hantera problemet måste sensorer, styrning, effektmätning och kommunikation konstrueras som delar av samma system.

Noggrannhet är därför inte en enskild komponentparameter. Den påverkas bland annat av kalibrering, timing, matningskva-

litet och felhantering. Sensorik, motorstyrning, effektmätning och kommunikation måste beaktas redan från början av konstruktionen.

FRAMTIDENS ROBOTAR kommer inte enbart att bedömas efter hur stora AI-modeller de använder. Avgörande blir hur tillförlitligt de fungerar i verkliga miljöer med varierande temperatur, vibrationer, fördröjningar, elektriskt brus, begränsad effektbudget och höga säkerhetskrav.

För utvecklare av fysisk AI innebär detta att den analoga signalkedjan måste dimensioneras tidigt i konstruktionsarbetet. Sensorer, styrning, effekt och kommunikation behöver utvecklas som ett sammanhängande system.

För robotar i fabriker, lager och andra verkliga miljöer är AI-modellen bara en del av systemet. Dess beslut blir aldrig bättre än de signaler från den fysiska världen som ligger till grund för dem.

Platform	Analog IC Content	(Illustrative)
Fixed Automation	1x — Baseline	
Collaborative Robot	2–3x — Compounds	
Autonomous Vehicle	3–4x — Accelerates	
Humanoid Robot	5x+ — Full depth required	

Multiplikatorerna är illustrativa och visar utvecklingens riktning.