

Tre mätsystem på ett chip

Ett optiskt, ett för bioimpedans och ett för EKG



Av Andrew Burt, Analog Devices

Andrew Burt har titeln Executive Business Manager, Industrial & Healthcare Business Unit på Analog Devices. Han arbetar med affärsutveckling av sensorer, optiska moduler och algoritmer för sjukvårdstillämpningar. Likaså är han med och definierar nya sensorer med fokus på hälso- och sjukvård. Andrew har studerat elektroteknik på Oxford Brookes University i Storbritannien.

Utbildad sjukvårdspersonal har länge förstått att vitalparametrar är de viktigaste indikatorerna på en patients hälsa, även om den pågående covid-19-pandemin också har ökat förståelsen för hur betydelsefulla de är hos oss andra.

De allra flesta människor som är satta under kontinuerlig övervakning av vitala funktioner är troligen tyvärr redan i en sjukhusmiljö, där de behandlas för ett akut tillstånd. Det vill den framtida hälso- och sjukvården ändra på.

Istället för att använda vitalparametrar som en indikator på hur väl en behandling fungerar – hur snabbt en patient återhämtar sig – kommer framtidsmodellen vara att använda kontinuerlig distansövervakning av vitala parametrar för att identifiera indikatorer på begynnande sjukdomar. På så sätt får sjukvården ett verktyg som gör att den kan agera redan innan allvarlig sjukdom har utvecklats hos en individ. Det förväntas exempelvis att när allt fler sensorer med så kallad klinisk kvalitet (clinical grade) kan integreras så kommer det så småningom att driva på utvecklingen av plåster för engångsbruk som kan detektera vitala parametrar. Det blir ett hälsoplåster som kasseras och byts ut med jämna mellanrum – likt kontaktlinser.

Många hälso- och träningskläder inkluderar redan olika sätt att mäta vitala funktioner. Trovärdigheten i avläsningen kan däremot vara tvivelaktiga av flera skäl, exempelvis på grund av att sensorerna som används inte har hög kvalitet (inte klinisk kvalitet), de är inte placerade på rätt plats och kontakten mot kroppen är inte bra.

Dessa prylar kan visserligen vara tillräckli-

ga för att tillfredsställa den som vill observera sig själv tillfälligt med enkla och bekväma wearables. Däremot har de inte den prestanda och noggrannhet som krävs för att utbildad medicinsk personal ska kunna bedöma hälsan hos en individ och ställa en välgrundad diagnos. De enheter som för närvarande används för att övervaka vitala tecken tillförlitligt över ett längre tidsintervall är samtidigt ofta både skrymmande och obekväma, med varierande grad av bärbarhet.

I denna artikel granskar vi betydelsen av att mäta fyra vitala parametrar: blodets syremättnad (SpO₂), hjärtfrekvens (HR, heart rate), elektrokardiogram (EKG) och andningsfrekvens (RR, (respiration rate)). Vi överväger vilken sensortyp som är den bästa för att ge en professionell avläsning av vardera parameter. Vi pekar även på bristerna med nuvarande mätlösningar innan vi slutligen introducerar en hårt integrerad hälsosensor – en AFE (analog front end) – som kombinerar funktionerna hos tre separata biosensorer i en kapsel. Det är en lösning som har potential att föra oss mycket närmare det beskrivna konceptet med ett hälsoplåster för vitala parametrar.

Syremättnad i blodet

Friska individer har typiskt mellan 95 och 100 procent syremättnad (oxygen saturation) i blodet. Om SpO₂, som står för perifer kapillärsyremättnad, ligger på 93 procent eller lägre kan det vara ett tecken på att en person har andningsbesvär. Det är till exempel ett vanligt symptom hos covid-19-patienter, och därför en viktig vitalparameter för medicinsk personal att övervaka regelbundet.

Fotopletysmografi (PPG) är en optisk mät-

teknik där ljus absorberas, sprids och återreflekteras i vävnad. Den använder flera LED:ar för att belysa blodkärl under hudens yta och fotodioder för att detektera den reflekterade ljussignalen. På så sätt går det att beräkna SpO₂.

Metoden är vanligt förekommande i produkter som bärs runt handleden. Samtidigt har ljussignalen en benägenhet att störas av rörelser samt variationer i den omgivande belysningen, vilket i sin tur påverkar mätresultatet. Inom sjukvården mäts istället SpO₂ med en fingerburen pulsoximeter (bild 2). Vanligen är den fäst på fingret hos en patient som inte kan flytta sig. Visserligen finns det batteridrivna och bärbara versioner, men de används bara för att göra intermittenta mätningar.

Hjärtfrekvens och EKG

En hjärtfrekvens (HR) på mellan 60 och 100 slag per minut anses vanligen vara hälsosam, men tidsintervallet mellan enskilda slag är inte konstant. Ofta talar man om hjärtfrekvensvariationer (HRV), vilket betyder att hjärtfrekvensen är ett medelvärde uppmätt över flera hjärtslag.

Hos en frisk person är hjärt- och puls-frekvensen nästan identiska, eftersom blod pumpas runt i kroppen med varje sammandragning av hjärtmuskeln. Vissa allvarliga hjärtproblem kan däremot orsaka att hjärtfrekvens och puls-frekvensen skiljer sig åt. Ta till exempel hjärtarytmier såsom atriell fibrillering (Afb). Då pumpas inte varje muskelkontraktion i hjärta runt blodet i kroppen. Istället kan blod samlas i hjärtats kamrar, vilket kan leda till ett livshotande tillstånd.

Det kan vara svårt att detektera Afb då

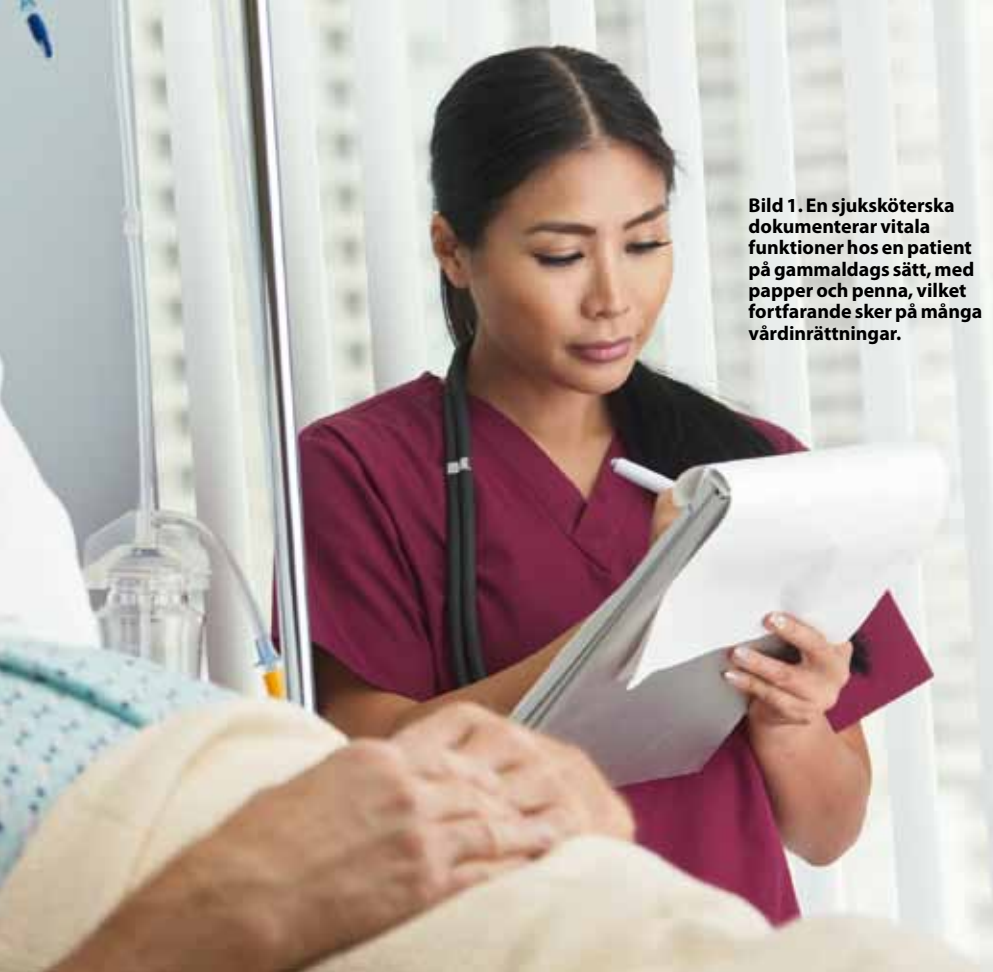


Bild 1. En sjuksköterska dokumenterar vitala funktioner hos en patient på gammaldags sätt, med papper och penna, vilket fortfarande sker på många vårdinrättningar.



Bild 2. En pulsoximeter för fingret.



Bild 3. En Holterskärm kan användas för att kontinuerligt visa EKG.

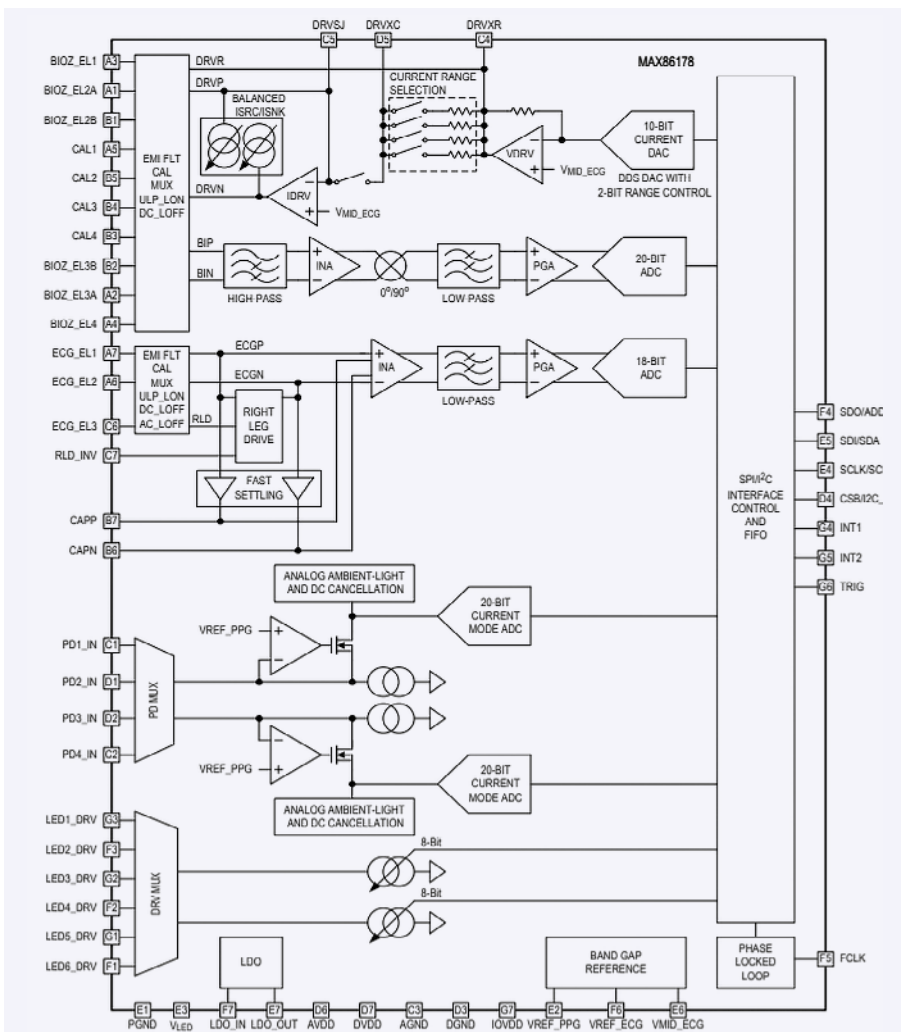


Bild 4. Blockdiagram över MAX86178, ett monolitiskt chip som integrerar tre mätsystem: ett optiskt, ett EKG och ett för bioimpedans.

arytmn ibland inträffar intermittent och enbart i korta övergående intervall. Världshälsoorganisationen menar att en fjärdedel av all stroke (förr kallat slaganfall) hos personer över 40 år är orsakad av Afib. Därför är det väldigt betydelsefullt att kunna upptäcka och behandla denna typ av tillstånd.

PPG-sensorer gör optiska mätningar med antagandet att hjärtfrekvensen är identisk med pulsfrekvensen, därför kan metoden inte användas för att detektera Afib. Istället krävs det att den elektriska aktiviteten hos hjärtat registreras kontinuerligt över ett längre intervall; den grafiska representationen av hjärtats elektriska signal kallas ett EKG (elektrokardiogram).

Holterskärm är den vanligaste bärbara enheten för kliniskt bruk som kan användas för att visa EKG (se bild 3). Den använder färre elektroder än avancerade stationära EKG-skärmar, men kan ändå vara besvärlig och obekvämt att använda särskilt när en patient ska sova.

Andningsfrekvens

Friska människor tar mellan 12 och 20 andetag varje minut. En andningsfrekvens som överstiger 30 andetag per minut kan vara en indikation på andnöd orsakad av feber eller något annat.

Vissa bärbara lösningar använder accelerometrar eller PPG-tekniker för att fastställa andningsfrekvens. När andningsfrekvensen däremot mäts kliniskt används antingen informationen i en EKG-signal eller en bioimpedanssensor (Bioz). Den senare definierar hudens elektriska impedans med hjälp av två eller fler elektroder som fästs vid patientens kropp.



I vissa avancerade så kallade Health and Fitness Wearables används idag FDA-godkänd EKG. Däremot används vanligen inte bioimpedans-teknik eftersom det kräver en separat sensorikrets.

Förutom att Biosensorer kan användas för att detektera andning kan de också användas för bioelektrisk impedansanalys (BIA) och bioelektrisk impedansspektroskopi (BIS) – båda används för att se fördelningen av fett, vätska och kroppscells massa (huvudsakligen muskelmassa). Sensorerna kan också användas för impedanskardiografi (ICG) och för att mäta galvaniskt hudsvår (GSR), vilket kan vara en bra indikator på stress.

3-i-1-sensornlösning

Ett blockdiagram över en AFE (analog front end) med medicinsk kvalitet (clinical-grade) visas i bild 4. Kretsen, MAX86178, integrerar funktionen hos tre separata sensorer: PPG, EKG och Bioz. Alla tre mätsystem kan synkroniseras.

AFE:n har två kanaler för optisk datainsamling. De stöder upp till sex lysdioder och fyra fotodioder. LED:arna styrs av två 8-bitars drivare som hanterar hög ström. Mottagaren har två lågbrusiga, högupplösta kanaler för utläsning som var och en inkluderar en oberoende 20-bitars AD-omvandlare och en krets för utsläckning av omgivande ljus, vilket undertrycker ljuset med över 90 dB vid 120Hz.

EKG-kanalen är en komplett signalkedja med alla kritiska funktioner som är nödvändiga för att samla in EKG-data av hög kvalitet, det betyder flexibel förstärkning, kritisk filtrering, lågt brus, hög ingångsimpedans och flera biseringsalternativ. Ytterligare en mängd funktioner, exempelvis snabb återhämtning och upptäck av AC- och DC-avledning gör det möjligt att skapa robust drift i krävande tillämpningar såsom armband med torra elektroder. Den analoga signalkedjan driver en 18-bitars sigma-delta-omvandlare vars samplingshastighet kan väljas brett.

Mottagarkanal hos Biosensorn har EMI-filtrering och omfattande kalibreringsfunktioner. Likaså har den hög ingångsimpedans, lågt brus, programmerbar förstärkning, låg- och högpassfiltrering som alternativ, samt en AD-omvandlare med hög upplösning. Det finns flera sätt att stimulera ingången. Det kan ske med ström som balanserad fyrkantsvåg, med sinusformad ström och med spänning som både kan vara sinus- och fyrkantsvåg. Dessa stimuli finns tillgängligt i ett brett utbud av frekvenser och storlekar. Sensorn stöder även tillämpningar såsom bioelektrisk impedansanalys (BIA), bioelektrisk impedansspektroskopi (BIS), impedanskardiografi (ICG) och galvanisk hudrespons (GSR).

Kretsen kommer kapslad i en WLP med 49 lödkulor. Den är mycket liten – bara 2,6 x 2,8 mm – vilket gör att den kan användas i ett så kallat bröstplåster av klinisk kvalitet.

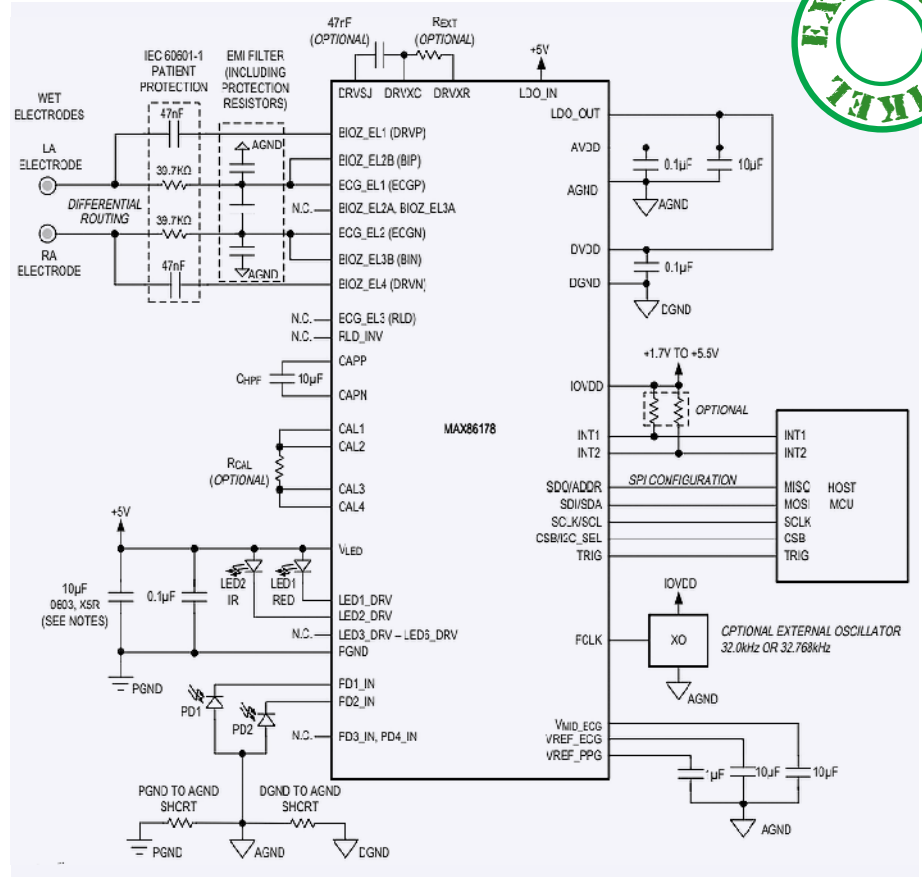


Bild 5. Blockdiagrammet visar ett bröstplåster med två våta elektroder som stöder bioelektrisk impedansanalys (BIA), kontinuerlig impedanskardiografi (ICG) samt mätning av EKG och av blodets syremättnad (SpO2).

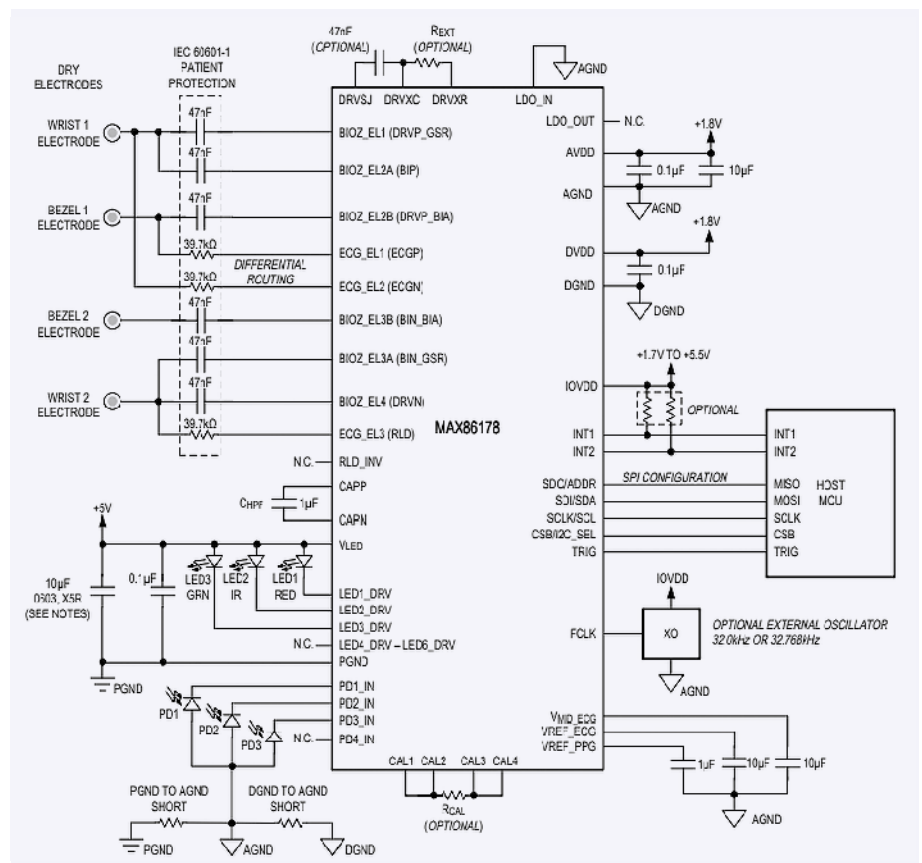


Bild 6. Blockdiagrammet illustrerar hur AFE:n kan användas i en produkt som bärs runt handleden och bland annat kan göra bioelektrisk impedansanalys och mäta EKG.