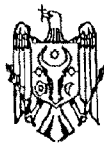




MD/EP 4041002 T2 2024.08.31

REPUBLICA MOLDOVA



(19) Agenția de Stat
pentru Proprietatea Intelectuală

(11) MD/EP 4041002 (13) T2

(51) Int. Cl:A24B 15/167 (2020.01.01)
A24F 40/05 (2020.01.01)
A24F 40/10 (2020.01.01)
A61M 11/00 (2006.01.01)
A61M 15/00 (2006.01.01)
B05B 17/06 (2006.01.01)
B06B 1/02 (2006.01.01)
A24F 40/485 (2020.01.01)
B05B 17/00 (2006.01.01)

(12) BREVET DE INVENȚIE EUROPEAN VALIDAT

(21) Numărul de depozit: e 2022 0919 (22) Data de depozit: 2021.12.15 (96) Numărul cererii și data de depozit a cererii de brevet european: 21830742.9, 2021.12.15 (97) Numărul de publicare și data publicării de către OEB a cererii de brevet european:4041002, 2022.08.17 (31) Numărul cererii prioritare: 202017122025; 202117220189 (32) Data de depozit a cererii prioritare: 2020.12.15; 2021.04.01 (33) Țara cererii prioritare: US; US	(49) Data publicării traducerii fasciculului de brevet european validat: BOPI nr. 08/2024, 2024.08.31 (80) Data publicării mențiunii acordării de către OEB: EPB nr. 09/2024, 2024.02.28 (82) Data publicării solicitării de validare a brevetului european: BOPI nr. 09/2022, 2022.09.30
(71) Solicitant: SHAHEEN INNOVATIONS HOLDING LIMITED, AE (72) Inventatori: ALSHAIBA SALEH GHANNAM ALMAZROUEI Mohammed, AE; BHATTI Sajid, AE; MACHOVEC Jeff, AE; LAMOUREUX Clement, AE (73) Titular: SHAHEEN INNOVATIONS HOLDING LIMITED, AE (74) Mandatar autorizat: CORCODEL Angela	

(54) Dispozitiv de furnizare a nicotinei

(57) Rezumat:

1
Dispozitiv de eliberare a nicotinei (200) pentru a genera o ceață care conține nicotină pentru inhalare de către utilizator. Dispozitivul cuprinde un dispozitiv generator

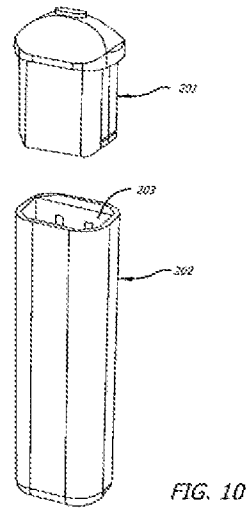
2
de ceață (201) și un dispozitiv de acționare (202). Dispozitivul de acționare (202) este configurat să conducă dispozitivul generator de ceață 10 (201) la o frecvență optimă pentru a

MD/EP 4041002 T2 2024.08.31

maximiza eficiența generării de ceață de către dispozitivul generator de ceață (201).

Revendicări: 15

Figuri: 61



(54) A nicotine delivery device

(57) Abstract:

1
A nicotine delivery device (200) for generating a mist containing nicotine for inhalation by a user. The device comprises a mist generator device (201) and a driver device (202). The driver device (202) is configured to drive the mist generator device (201) at an optimum frequency to maximise the efficiency

2
of mist generation by the mist generator device (201).

Claims: 15

Fig.: 61

Descriere:**(Descrierea se publică în varianta redactată de solicitant)****Domeniul**

5 Invenția se referă la un dispozitiv de furnizare a nicotinei. În particular, invenția se referă la un dispozitiv de furnizare a nicotinei care atomizează un lichid prin vibrații ultrasonice.

Context

10 Nebulizatoarele sau inhalatoarele electronice cu vaporizare devin tot mai populare printre fumătorii care doresc să evite gudronul și alte substanțe chimice neplăcute asociate cu țigările tradiționale și care doresc să își satisfacă nevoia de nicotină. Inhalatoarele electronice cu vaporizare pot conține nicotină lichidă, care reprezintă, în mod tipic, un amestec de ulei de nicotină, un solvent, apă și, adesea, aromă. Atunci când utilizatorul inspiră sau inhalează din inhalatorul electronic cu vaporizare, nicotina lichidă este absorbită într-un vaporizator, unde este încălzită și se transformă în abur. Atunci când utilizatorul inspiră din inhalatorul electronic cu vaporizare, aburul cu conținut de nicotină este inhalat.

15 Inhalatoarele electronice cu vaporizare și alte inhalatoare cu abur au, în mod tipic, același design. Majoritatea inhalatoarelor electronice cu vaporizare prezintă un rezervor cu nicotină lichidă cu o membrană interioară, cum ar fi un element capilar, în mod tipic bumbac, care oprește nicotina, împiedicând scurgerea din rezervor. Cu toate acestea, țigăretele prezintă tendința de a manifesta scurgeri, deoarece nu există un obstacol care să împiedice curgerea lichidului din membrană în piesa bucală. Un
20 inhalator electronic cu vaporizare care prezintă scurgeri este problematic din mai multe motive. Un prim dezavantaj este faptul că lichidul se poate scurge în componentele electronice, ceea ce poate deteriora serios dispozitivul. Un al doilea dezavantaj este faptul că lichidul se poate scurge în piesa bucală a inhalatorului electronic cu vaporizare iar utilizatorul poate inhala lichidul nevaporizat.

25 Documentul de brevet WO 2012/062600 prezintă o țigaretă electronică, ce conține un traductor ultrasonic, acționat de un circuit de acționare și alimentat cu energie de o baterie.

Inhalatoarele electronice cu vaporizare sunt cunoscute de asemenea pentru faptul că oferă doze inegale între inspirații. Scurgerea menționată mai sus este una dintre cauzele dozelor inconsistente, deoarece membrana poate fi suprasaturată sau subsaturată în apropierea vaporizatorului. Dacă membrana este suprasaturată, utilizatorul poate resimți o doză de abur mai puternică decât cea dorită, iar dacă
30 membrana este subsaturată utilizatorul poate resimți o doză de abur mai slabă decât cea dorită. În plus, prin ușoare modificări ale forței cu care inspiră utilizatorul pot rezulta doze mai puternice sau mai slabe. Dozarea inegală, împreună cu scurgerile, pot duce la consumarea mai rapidă a lichidului de vapare.

În plus, inhalatoarele electronice cu vaporizare convenționale tind să se bazeze pe inducerea unor temperaturi ridicate ale unei componente de încălzire metalice, configurată să încălzească lichidul dintr-o
35 țigaretă electronică, care poate fi astfel inspirat. Problemele inhalatoarelor electronice cu vaporizare convenționale pot include posibilitatea arderii metalului și, în consecință, a inspirării metalului împreună cu lichidul ars. În plus, unora dintre utilizatori este posibil să le displace mirosul de ars cauzat de lichidul încălzit.

40 Actualmente, este un lucru recunoscut faptul că inhalatoarele electronice cu vaporizare pot juca un rol cheie într-un program de renunțare la fumat, permițându-le utilizatorilor să primească doze de nicotină într-un mod considerat mai sigur decât țigăretele convenționale. În general, utilizatorii sunt mai înclinați să urmeze un program de renunțare la fumat bazat pe inhalatoare cu vaporizare decât pe plasturi cu nicotină sau gume de mestecat. Însă, inhalatoarele cu vaporizare convenționale nu sunt capabile să furnizeze în mod constant doze de nicotină la fiecare aspirație efectuată de un utilizator. Acest lucru
45 afectează eficiența programului de renunțare la fumat, dat fiind că utilizatorul nu poate cunoaște cantitatea efectivă de nicotină consumată în fiecare zi, astfel neputând urmări eficiența programului de renunțare la fumat în ceea ce privește reducerea consumului de nicotină. Utilizatorii se pot simți dezamăgiți de programul de renunțare la fumat și pot reveni la fumarea țigaretelor convenționale.

50 Astfel, există nevoia pentru un dispozitiv de furnizare a nicotinei îmbunătățit, care să abordeze cel puțin unele dintre problemele descrise aici.

Rezumat

Prezenta invenție asigură un dispozitiv de furnizare a nicotinei, așa cum este revendicat în
55 aserțiunea 1. Prezenta invenție asigură și aplicații preferate, așa cum este revendicat în aserțiunile dependente.

Diversele exemple ale prezentării curente, care sunt descrise mai jos, au multiple beneficii și avantaje în raport cu nebulizatoarele convenționale. Aceste beneficii și avantaje sunt definite în descrierea de mai jos.

De vreme ce dispozitivele de furnizare a nicotinei din exemplele prezentării curente permit funcționarea cu o eficiență mai mare decât dispozitivele de furnizare a nicotinei convenționale, dispozitivele de furnizare a nicotinei din exemplele prezentării curente asigură și beneficii legate de mediu, datorită necesității mai reduse de consum de energie.

5 Este de notat că expresia „ceață” utilizată în prezentarea următoare înseamnă că lichidul nu este încălzit în modul în care procedează inhalatoarele tradiționale cunoscute până acum. De fapt, inhalatoarele tradiționale folosesc elemente de încălzire pentru a încălzi lichidul dincolo de temperatura sa de fierbere pentru a produce un abur, care este diferit de ceață.

10 De fapt, prin tratarea ultrasonică a lichidelor la intensități ridicate, undele sonore care se propagă în mediul lichid generează cicluri alternative de presiune ridicată (compresie) și presiune joasă (rarefiere), la diferite rate, în funcție de frecvență. În timpul ciclurilor de presiune joasă, undele ultrasonice de mare intensitate creează mici bule de vid sau goluri în lichid. Când bulele ating un volum la care nu mai pot absorbi energie, ele colapsează violent în timpul unui ciclu de presiune ridicată. Acest fenomen poartă denumirea de cavitație. În timpul imploziei se ating local presiuni foarte ridicate. La cavitație sunt generate unde capilare sparte iar picături foarte mici sparg tensiunea de suprafață a lichidului și sunt eliberate rapid în aer, luând forma de ceață.

În cele ce urmează fenomenul de cavitație este explicat mai în amănunt.

Atunci când lichidul este atomizat de vibrații ultrasonice, în lichid sunt produse micro-bule de apă.

20 Producerea de bule reprezintă procesul de formare a cavitațiilor create de presiunea negativă generată de unde ultrasonice intense, generate prin intermediul vibrațiilor ultrasonice.

Undele sonore ultrasonice de mare intensitate duc la creșterea rapidă a cavitațiilor cu o reducere relativ scăzută și neglijabilă a dimensiunii cavitației în timpul ciclului de presiune pozitivă.

25 Undele de ultrasunete, ca toate undele sonore, constau din cicluri de compresie și expansiune. La contactul cu un lichid, ciclurile de compresie exercită o presiune pozitivă asupra lichidului, presând moleculele unele de altele. Ciclurile de expansiune exercită o presiune negativă, îndepărtând moleculele unele de altele.

30 Undele de ultrasunete intense creează regiuni de presiune pozitivă și de presiune negativă. O cavitate se poate forma și mări în timpul episoadelor de presiune negativă. Când cavitatea atinge o dimensiune critică, aceasta face implozie.

35 Cantitatea de presiune negativă necesară depinde de tipul și puritatea lichidului. Pentru lichide realmente pure, rezistența la tracțiune este atât de mare, încât generatoarele de ultrasunete existente nu pot produce suficientă presiune negativă pentru a forma cavitații. În apă pură, de exemplu, ar fi necesare peste 1.000 de atmosfere de presiune negativă, însă cele mai puternice generatoare de ultrasunete produc doar aproximativ 50 de atmosfere de presiune negativă. Rezistența la tracțiune a lichidelor este redusă de gazul capturat în fisurile dintre particulele de lichid. Efectul este analog reducerii rezistenței, care apare din cauza crăpăturilor în materiale solide. Atunci când o fisură plină cu gaz este expusă unui ciclu de presiune negativă de la o undă sonoră, presiunea redusă determină dilatarea gazului din fisură, până când în soluție este eliminată o mică bulă.

40 Însă, o bulă iradiată cu ultrasunete absoarbe în mod continuu energie din ciclurile alternative de compresie și expansiune ale unei sonore. Acest lucru face ca bula să se mărească și să se contracte, ajungându-se la un echilibru dinamic între vidul din interiorul bulei și lichidul din afara ei. În unele cazuri, undele ultrasonice vor susține o bulă a cărei dimensiune pur și simplu oscilează. În alte cazuri, dimensiunea medie a bulei va crește.

45 Creșterea cavitației depinde de intensitatea sunetului. Ultrasunetul de mare intensitate poate extinde cavitate atât de rapid în timpul ciclului de presiune negativă, încât aceasta nu mai are șansa să se reducă în timpul ciclului de presiune pozitivă. În cadrul acestui proces cavitatea poate crește rapid în decursul unui singur ciclu de sunet.

50 Pentru ultrasunet de intensitate redusă, dimensiunea cavitației oscilează în fază cu ciclurile de expansiune și compresie. Suprafața unei cavitații produse de ultrasunet de intensitate redusă este ușor mai mare în timpul ciclurilor de expansiune decât în timpul ciclurilor de compresie. De vreme ce cantitatea de gaz dispersată în interiorul sau în afara cavitației depinde de suprafață, dispersarea în interiorul cavitației în timpul ciclurilor de expansiune va fi ușor mai mare decât dispersarea în afara cavitației în timpul ciclurilor de compresie. Ca urmare, la fiecare ciclu de sunet cavitatea se extinde puțin mai mult decât se comprimă.

55 De-a lungul mai multor cicluri cavitatea va crește ușor.

S-a constatat că prin această creștere cavitatea va atinge în cele din urmă o dimensiune critică, la care absoarbe cu maximă eficiență energia de la ultrasunet. Dimensiunea critică depinde de frecvența unei de ultrasunete. Odată ce o cavitate a trecut printr-o creștere foarte rapidă cauzată de ultrasunet de mare intensitate, aceasta nu mai poate absorbi la fel de eficient energia de la undele sonore. Fără acest

aport de energie, cavitatea nu se mai poate autosuține. Lichidul pătrunde rapid înăuntru iar cavitatea face implozie din cauza unui răspuns neliniar.

Energia eliberată de implozie determină fragmentarea lichidului în particule microscopice care sunt dispersate în aer sub formă de ceață.

- 5 Ecuatia pentru descrierea fenomenului de răspuns non-liniar de mai sus poate fi descrisă de ecuația „Rayleigh-Plesset”. Această ecuație poate fi derivată din ecuația „Navier-Stokes”, folosită în dinamica fluidelor.

- Abordarea inventatorului a constat în rescrierea ecuației „Rayleigh-Plesset”, în care volumul bulei, V , este utilizat ca parametru dinamic și unde fenomenul fizic care descrie disiparea este identic cu cel folosit în forma clasică, unde raza reprezintă parametrul dinamic.

Ecuatia utilizată este următoarea:

$$\frac{\frac{1}{2} \frac{d^2 R}{dt^2}}{R^2} \left(\frac{R}{r} \right)^2 \approx 1$$

$$\frac{1}{4\pi} \left(\frac{4\pi}{3V} \right)^{\frac{1}{3}} \left(\rho - \frac{\rho^2(t)}{8V} \right) = \frac{1}{\rho_0} \left(\left(\rho_0 + 2\sigma \left(\frac{4\pi}{3V} \right)^{\frac{1}{3}} - p_v \right) \left(\frac{R}{r} \right)^2 + p_v - 2\sigma \left(\frac{4\pi}{3V} \right)^{\frac{1}{3}} - p_0 - p(t) \right)$$

unde:

- 15 V este volumul bulei
 V_0 este volumul de echilibru al bulei
 ρ_0 este densitatea lichidului (care se presupune că este constantă) σ este tensiunea de suprafață
 p_v este presiunea vaporilor
 P_0 este presiunea statică în lichid la exteriorul peretelui bulei
 20 K este indicele politropic al gazului t este timpul
 $R(t)$ este raza bulei
 $P(t)$ este presiunea aplicată
 c este viteza sunetului lichidului
 ϕ este potențialul de viteză
 25 λ este lungimea de undă a câmpului de insonificare
 În nebulizatorul ultrasonic lichidul are o viscozitate cinematică între 1.05 Pa.sec și 1.412 Pa.sec.
 Prin rezolvarea ecuației de mai sus cu parametrii corecți de viscozitate, densitate și având în aer un volum vizat al bulei sub formă de pulverizare lichidă, s-a descoperit că banda de frecvențe de 2.8MHz până la 3.2MHz pentru gama de viscozitate a lichidului de 1.05 Pa.s și 1.412 Pa.s produce un volum al bulei de aproximativ 0.25 până la 0.5 microni.
 30 Procesul de cavitație ultrasonică are un impact semnificativ asupra concentrației de nicotină în ceața produsă.
 Nu sunt implicate nici un fel de elemente de încălzire, astfel încât nu rezultă elemente arse și sunt reduse efectele secundare ale fumatului.
 35 În unele exemple lichidul menționat conține 57-70 % (w/w) glicerină vegetală și 30-43% (w/w) propilenglicol, acesta incluzând nicotină și arome opționale.
 Elementul capilar permite o capacitate ridicată de absorbție, un grad ridicat de absorbție, precum și un coeficient ridicat de reținere a lichidului.
 S-a descoperit că proprietățile inerente ale materialului propus, utilizat pentru capilaritate, au un impact semnificativ asupra funcționării eficiente a nebulizatorului ultrasonic.
 40 Alte proprietăți inerente ale materialului propus includ o bună higroscopicitate, cu menținerea unei bune permeabilități. Acest lucru permite pătrunderea eficientă în elementul capilar a lichidului aspirat, în timp ce capacitatea ridicată de absorbție constatată permite reținerea unei cantități considerabile de lichid, ceea ce face ca nebulizatorul ultrasonic să reziste o perioadă mai îndelungată decât alte produse disponibile pe piață.
 45 Un alt avantaj semnificativ al utilizării fibrelor de bambus este prezența naturală a bioagentului antimicrobian „Kun”, prezent în mod inerent în fibrele de bambus, ceea ce le conferă proprietăți antibacteriene, antifungicide și rezistență la mirosuri.
 Proprietățile inerente au fost verificate prin analize numerice în ceea ce privește beneficiile fibrei de bambus pentru tratarea ultrasonică.
 50 Următoarele formule au fost testate cu material din fibre de bambus alte materiale, cum ar fi bumbac, hârtie sau alte materiale din fibre utilizate ca element capilar, demonstrându-se că fibrele de bambus prezintă proprietăți mult mai bune pentru utilizarea în tratarea ultrasonică:

$$C = A + \frac{T}{W_f} - \frac{1}{P_f} + (1 - \alpha) \frac{V_d}{W_f}$$

unde:

C (cc/gm fluid/gm) este volumul per masă al lichidului absorbit, împărțit la masa uscată a elementului capilar,

5 A (cm²) este suprafața totală a elementului capilar

T (cm) este grosimea elementului capilar,

W_f (gm) este masa elementului capilar uscat,

P_f (cc/g.sec) este densitate elementului capilar uscat,

10 □ este rata de creștere în volum a elementului capilar la udare, în raport cu volumul de lichid dispersat în elementul capilar,

V_d (cc) este cantitatea de lichid dispersat în elementul capilar,

$$\frac{\pi r \gamma \cos \theta}{2\eta} \cdot \left(\frac{T}{W_f} - \frac{1}{AP_f} \right)$$

Rata de absorbție, Q =

Q (cc/sec) este cantitatea de lichid absorbită per unitate de timp,

r (cm) este raza porilor din elementul capilar,

15 □□ (N/m) este tensiunea de suprafață a lichidului,

□ (grade) este unghiul de contact al fibrei,

□ (m²/sec) este viscozitatea fluidului.

Prin teste extinse s-a constatat că fibrele de bambus cu puritate 100% reprezintă cea mai optimă alegere pentru tratarea ultrasonică.

20 Elementul capilar din fibre de bambus cu puritate 100% sau cu un procentaj ridicat de fibre de bambus demonstrează o capacitate de absorbție ridicată, precum și o transmitere îmbunătățită a fluidului, ceea ce îl face alegerea optimă pentru tipul de aplicație presupus de nebulizatorul ultrasonic.

Scurtă descriere a desenelor

25 Pentru ca prezenta invenție să fie înțeleasă cu mai mare ușurință, în continuare se vor descrie aplicații ale acesteia, pe baza unor exemple, cu referire la desenele însoțitoare, unde:

Figura 1 reprezintă o vedere explodată a componentelor nebulizatorului ultrasonic.

Figura 2 reprezintă o vedere explodată a componentelor structurii rezervorului de lichid a unui inhalator.

30 Figura 3 reprezintă o vedere în secțiune transversală a componentelor structurii rezervorului de lichid a unui inhalator.

Figura 4 A reprezintă o vedere izometrică a unui element pentru flux de aer a structurii rezervorului de lichid a inhalatorului, conform figurilor 2 și 3.

Figura 4B reprezintă o vedere în secțiune transversală elementului pentru flux de aer prezentat în figura 4A.

35 Figura 5 reprezintă o ilustrație schematică a unui traductor piezoelectric, sub forma unui circuit RLC.

Figura 6 reprezintă un grafic al frecvenței în raport cu impedanța înregistrată a unui circuit RLC.

Figura 7 reprezintă un grafic al frecvenței în raport cu impedanța înregistrată, prezentând regiunile de funcționare inductive și capacitive ale traductorului piezoelectric.

40 Figura 8 reprezintă o schemă de proces, care prezintă funcționarea unui regulator de frecvență.

Figura 9 reprezintă o perspectivă schematică a unui dispozitiv de furnizare a nicotinei conform prezentării curente.

Figura 10 reprezintă o perspectivă schematică a unui dispozitiv de furnizare a nicotinei conform prezentării curente.

45 Figura 11 reprezintă o perspectivă schematică a unui generator de ceață conform prezentării curente.

Figura 12 reprezintă o perspectivă schematică a unui generator de ceață conform prezentării curente.

50 Figura 13 reprezintă o vedere explodată schematică a unui generator de ceață conform prezentării curente.

Figura 14 reprezintă o perspectivă schematică a unui suport de traductor conform prezentării curente.

Figura 15 reprezintă o perspectivă schematică a unui suport de traductor conform prezentării curente.

Figura 16 reprezintă o perspectivă schematică a unui element capilar conform prezentării curente.

Figura 17 reprezintă o perspectivă schematică a unui element capilar conform prezentării curente.

5 Figura 18 reprezintă o perspectivă schematică a unui suport de traductor conform prezentării curente.

Figura 19 reprezintă o perspectivă schematică a unui suport de traductor conform prezentării curente.

10 Figura 20 reprezintă o perspectivă schematică a unei părți a unei carcase conform prezentării curente.

Figura 21 reprezintă o perspectivă schematică a unui element absorbant conform prezentării curente.

Figura 22 reprezintă o perspectivă schematică a unei părți a unei carcase conform prezentării curente.

15 Figura 23 reprezintă o perspectivă schematică a unei părți a unei carcase conform prezentării curente.

Figura 24 reprezintă o perspectivă schematică a unui element absorbant conform prezentării curente.

20 Figura 25 reprezintă o perspectivă schematică a unei părți a unei carcase conform prezentării curente.

Figura 26 reprezintă o perspectivă schematică a unei părți a unei carcase conform prezentării curente.

Figura 27 reprezintă o perspectivă schematică a unei părți a unei carcase conform prezentării curente.

25 Figura 28 reprezintă o perspectivă schematică a unei plăci de circuite imprimate conform prezentării curente.

Figura 29 reprezintă o perspectivă schematică a unei plăci de circuite imprimate conform prezentării curente.

30 Figura 30 reprezintă o vedere explodată schematică a unui generator de ceață conform prezentării curente.

Figura 31 reprezintă o vedere explodată schematică a unui generator de ceață conform prezentării curente.

Figura 32 reprezintă o vedere în secțiune transversală a unui generator de ceață conform prezentării curente.

35 Figura 33 reprezintă o vedere în secțiune transversală a unui generator de ceață conform prezentării curente.

Figura 34 reprezintă o vedere în secțiune transversală a unui generator de ceață conform prezentării curente.

40 Figura 35 reprezintă o vedere explodată schematică a unui dispozitiv de acționare conform prezentării curente.

Figura 36 reprezintă o perspectivă schematică parte a unei părți a unui dispozitiv de acționare conform prezentării curente.

Figura 37 reprezintă o perspectivă schematică parte a unei părți a unui dispozitiv de acționare conform prezentării curente.

45 Figura 38 reprezintă o perspectivă schematică parte a unei părți a unui dispozitiv de acționare conform prezentării curente.

Figura 39 reprezintă o perspectivă schematică parte a unei părți a unui dispozitiv de acționare conform prezentării curente.

50 Figura 40 reprezintă o perspectivă schematică parte a unei părți a unui dispozitiv de acționare conform prezentării curente.

Figura 41 reprezintă o perspectivă schematică parte a unei părți a unui dispozitiv de acționare conform prezentării curente.

Figura 42 reprezintă o perspectivă schematică parte a unei părți a unui dispozitiv de acționare conform prezentării curente.

55 Figura 43 reprezintă o ilustrație schematică a unui sistem de circuite imprimate conform prezentării curente.

Figura 44 reprezintă o ilustrație schematică a unui circuit integrat conform prezentării curente.

Figura 45 reprezintă o ilustrație schematică a unui generator de semnal de modulație a duratei impulsurilor conform prezentării curente.

Figura 46 reprezintă o ilustrație sincronizare a unui exemplu conform prezentării curente.

Figura 47 reprezintă o ilustrație sincronizare a unui exemplu conform prezentării curente.

Figura 48 este un tabel care prezintă funcțiile porturilor unui exemplu conform prezentării curente.

5 Figura 49 reprezintă o ilustrație schematică a unui circuit integrat conform prezentării curente.

Figura 50 reprezintă o schemă de conexiuni a unei punți-H a unui exemplu conform prezentării curente.

Figura 51 reprezintă o schemă de conexiuni a unui sistem de detectare a curentului al unui exemplu conform prezentării curente.

10 Figura 52 reprezintă o schemă de conexiuni a unei punți-H a unui exemplu conform prezentării curente.

Figura 53 este un grafic care prezintă tensiunile în timpul fazelor de funcționare ale punții-H din figura 50.

15 Figura 54 este un grafic care prezintă tensiunile în timpul fazelor de funcționare ale punții-H din figura 50.

Figura 55 este un grafic care prezintă tensiunea și curentul la o bornă a unui traductor ultrasonic, în timp ce traductorul ultrasonic este acționat de puntea-H din figura 50.

Figura 56 este o ilustrație schematică care prezintă conexiunile dintre circuitele integrate conform prezentării curente.

20 Figura 57 reprezintă o ilustrație schematică a unui circuit integrat conform prezentării curente.

Figura 58 reprezintă o ilustrație a pașilor unei metode de autentificare pentru un exemplu conform prezentării curente.

Figura 59 reprezintă o perspectivă schematică a unui capac de închidere al unui dispozitiv de acționare conform prezentării curente.

25 Figura 60 reprezintă o perspectivă schematică parte a carcasei unui dispozitiv de acționare conform prezentării curente.

Figura 61 reprezintă un grafic care prezintă rezultatul unui test CEM pentru un nebulizator conform prezentării curente.

Descriere detaliată

30 Aspecte ale prezentării curente sunt cel mai bine înțelese din descrierea detaliată care urmează, când aceasta este citită împreună cu figurile însoțitoare. Este de notat că, în conformitate cu practica standard din industrie, diverse caracteristici nu sunt desenate la scară. De fapt, dimensiunile a diverse caracteristici pot fi mărite sau reduse în mod arbitrar, pentru claritatea prezentării.

35 Prezentarea care urmează oferă mai multe aplicații diferite sau exemple cu privire la implementarea diverselor caracteristici ale temei supuse atenției. Exemple specifice de componente, concentrații, aplicații și dispuneri sunt descrise mai jos, pentru a simplifica prezentarea curentă. Acestea sunt, desigur, simple exemple, care nu se doresc a fi limitative. De exemplu, atașarea unei prime și a unei a doua caracteristici în descrierea care urmează poate include aplicații în care prima și a doua caracteristică sunt atașate în contact direct și poate include, de asemenea, aplicații în care caracteristici suplimentare pot fi poziționate între prima și a doua caracteristică, astfel încât prima și a doua caracteristică să nu fie în contact direct. În plus, prezentarea curentă poate repeta numere și/sau litere de referință în diverse exemple. Această repetiție servește doar asigurării simplității și clarității și nu indică nici un fel de relație între diversele aplicații și/sau configurații discutate.

45 Prezentarea care urmează descrie exemple reprezentative. Fiecare exemplu poate fi considerat o aplicație și orice referință la un „exemplu” poate fi schimbată într-o „aplicație” în prezentarea de față.

50 Unele părți ale prezentării curente sunt dedicate unui inhalator electronic cu vaporizare. Sunt avute însă în vedere și alte exemple, cum ar fi un inhalator pentru narghilea sau lichide aromatate. În plus, dispozitivul poate fi împachetat pentru a arăta ca un dispozitiv care nu seamănă cu o țigaretă. De exemplu, dispozitivul poate semăna și cu un alt instrument de fumat, cum ar fi o pipă, pipă cu apă sau pipă cu bol de sticlă sau dispozitivul poate semăna cu un alt obiect care nu are legătură cu fumatul.

55 Nebulizatoarele ultrasonice sunt fie de unică folosință, fie reutilizabile. Termenul „reutilizabil” folosit aici implică faptul că dispozitivul de stocare a energiei este reîncărcabil sau înlocuibil sau că lichidul poate fi completat, fie prin reumplere sau prin înlocuirea structurii rezervorului de lichid. Alternativ, în unele exemple, dispozitivul electronic reutilizabil este reîncărcabil și lichidul poate fi completat.

Inhalatoarele electronice cu vaporizare convenționale tind să se bazeze pe inducerea unor temperaturi ridicate ale unei componente de încălzire metalice, configurată să încălzească lichidul din inhalator, care poate fi astfel inspirat. În mod tipic, lichidul conține nicotină și arome amestecate într-o soluție de propilenglicol (PG) și glicerină vegetală (VG) care este vaporizată prin intermediul unei

componente de încălzire la temperaturi ridicate. Problemele inhalatoarelor convenționale pot include posibilitatea arderii metalului și, în consecință, a inspirării metalului împreună cu lichidul ars. În plus, unora dintre utilizatori este posibil să le displace mirosul sau gustul de ars cauzat de lichidul încălzit.

Figura 1 până la 4 ilustrează exemplul unui inhalator ultrasonic care conține o cameră de sonificare.

Figura 1 prezintă un nebulizator ultrasonic de unică folosință 100. După cum se poate vedea în figura 1, nebulizatorul ultrasonic 100 are un corp cilindric cu o lungime relativ mare în raport cu diametrul. În ceea ce privește forma și aspectul, nebulizatorul ultrasonic 100 este proiectat să imite aspectul unei țigarete tipice. De exemplu nebulizatorul poate prezenta o primă secțiune 101 care imită în primul rând secțiunea cu tutun a unei țigarete și o a doua secțiune 102 care imită în primul rând un filtru. În exemplul de unică folosință prima secțiune și a doua secțiune sunt segmente ale unui dispozitiv unic dar divizibil. Marcarea unei prime secțiuni 101 și a unei a doua secțiuni 102 este utilizată pentru a diferenția în mod facil componentele incluse în primul rând în fiecare secțiune.

După cum se poate vedea în figura 1, nebulizatorul ultrasonic constă din o piesă bucală 1, o structură de rezervor pentru lichid 2 și o carcasă 3. Prima secțiune 101 constă din carcasa 3 iar a doua secțiune 102 constă din piesa bucală 1 și structura de rezervor pentru lichid 2.

Prima secțiune 101 conține sursa de alimentare cu energie.

Un dispozitiv de stocare electric 30 alimentează nebulizatorul ultrasonic 100. Dispozitivul de stocare electric 30 poate fi o baterie, incluzând, fără a se limita la, o baterie litiu-ion, alcalină, zinc-carbon, nichel-metal-hidruură sau nichel-cadmium; un super condensator sau o combinație între acestea. În exemplul de unică folosință dispozitivul de stocare electric 30 nu este reîncărcabil, însă în exemplul reutilizabil dispozitivul de stocare electric 30 ar fi selectat pentru capacitatea sa de a fi reîncărcat. În exemplul de unică folosință dispozitivul de stocare electric 30 este selectat în primul rând pentru a livra o tensiune constantă de-a lungul întregii durate de viață a inhalatorului 100. În caz contrar, performanța inhalatorului s-ar degrada în timp. Dispozitive de stocare electrice preferate, care sunt capabile să furnizeze o tensiune consistentă de-a lungul duratei de viață a dispozitivului, includ baterii litiu-ion și baterii litiu-polimer.

Dispozitivul de stocare electric 30 are un prim capăt 30a care, în general, corespunde unei borne pozitive și un al doilea capăt 30b care, în general, corespunde unei borne negative. Borna negativă se extinde la primul capăt 30a.

Deoarece dispozitivul de stocare electric 30 se află în prima secțiune 101, iar structura rezervorului de lichid 2 se află în a doua secțiune 102, îmbinarea trebuie să asigure circulația energiei electrice între aceste componente. În prezenta invenție circulația energiei electrice este asigurată cu ajutorul unui electrod sau al unei sonde, care sunt comprimate atunci când prima secțiune 101 este fixată în a doua secțiune 102.

Pentru ca acest exemplu să fie reutilizabil, dispozitivul de stocare electric 30 este reîncărcabil. Carcasa 3 prezintă o mufă de încărcare 32.

Circuitul integrat 4 prezintă un capăt proximal 4a și un capăt distal 4b. Borna pozitivă de la primul capăt 30a al dispozitivului de stocare electric 30 permite circulația energiei electrice către un conductor pozitiv al circuitului integrat flexibil 4. Borna negativă de la al doilea capăt 30b al dispozitivului de stocare electric 30 permite circulația energiei electrice către un conductor negativ al circuitului integrat 4. Capătul distal 4b al circuitului integrat 4 cuprinde un microprocesor. Microprocesorul este configurat pentru a procesa date de la un senzor, să controleze o lumină, să direcționeze fluxul de curent către mijlocul de generare a vibrațiilor ultrasonice 5 din a doua secțiune 102 și să oprească fluxul de curent după un interval de timp programat.

Senzorul detectează când nebulizatorul ultrasonic 100 este folosit (când utilizatorul inspiră din inhalator) și activează microprocesorul. Senzorul poate fi setat să detecteze modificări ale presiunii, fluxului de aer sau a vibrațiilor. În unul dintre exemple, senzorul este un senzor de presiune. În dispozitivul digital senzorul face citiri continue care, la rândul lor, necesită ca senzorul digital să primească constant curent, însă cantitatea este redusă iar durata generală de viață a bateriei ar fi afectată în mod neglijabil.

În unele exemple circuitul integrat 4 conține o punte-H, care poate fi setată de 4 MOSFET-uri să transforme curentul continuu în curent alternativ la o frecvență ridicată.

Referitor la figura 2 și figura 3, sunt prezentate ilustrații ale structurii unui rezervor de lichid 2, conform unui exemplu. Structura rezervorului de lichid 2 conține o cameră cu lichid 21 adaptată să primească lichidul pentru atomizare și o cameră de sonificare 22, care permite circulația fluidelor către camera cu lichid 21.

În exemplul prezentat, structura rezervorului de lichid 2 conține un canal de inhalare 20, care asigură circulația aerului de la camera de sonificare 22 către mediul înconjurător.

Ca exemplu privind poziția senzorului, acesta poate fi localizat în camera de sonificare 22.

Canalul de aspirație 20 prezintă un element de formă frustoconică 20a și un container interior 20b.

După cum se prezintă în figurile 4A și 4B, canalul de aspirație 20 dispune în continuare de un element pentru flux de aer 27 pentru asigurarea fluxului de aer din mediul înconjurător către camera de sonificare 22.

Elementul pentru flux de aer 27 dispune de o punte pentru flux de aer 27a și un canal pentru flux de aer 27b, îmbinate într-un singur ansamblu, iar puntea pentru flux de aer 27a prezintă două orificii de aeraj 27a', ce formează o secțiune a canalului de aspirație 20 și canalul pentru flux de aer 27b se extinde în camera de sonificare 22 de la puntea pentru flux de aer 27a pentru asigurarea fluxului de aer din mediul înconjurător către camera de sonificare.

Puntea pentru flux de aer 27a conlucrează cu elementul de formă frustoconică 20a la al doilea diametru 20a2.

Puntea pentru flux de aer 27a prezintă două orificii periferice opuse 27a'' care asigură fluxul de aer către canalul pentru flux de aer 27b.

Conlucrarea cu puntea pentru flux de aer 27a și elementul de formă frustoconică 20a este realizată în așa fel, încât cele două orificii periferice opuse 27a'' conlucrează cu orificiile complementare 20a'' din elementul de formă frustoconică 20a.

Piesa bucală 1 și elementul de formă frustoconică 20a sunt separate radial iar între ele este amplasată o cameră pentru flux de aer 28.

După cum se prezintă în figurile 1 și 2, piesa bucală 1 dispune de două orificii periferice opuse 1''.

Orificiile periferice 27a'', 20a'', 1'' ale punții pentru flux de aer 27a, elementul frustoconic 20a și piesa bucală 1 furnizează în mod direct un flux de aer maxim către camera de sonificare 22.

Elementul frustoconic 20a include un pasaj intern, aliniat pe aceeași direcție ca și canalul de aspirație 20 și care prezintă un prim diametru 20a1 mai redus decât un al doilea diametru 20a2, astfel încât diametrul pasajului intern se reduce de-a lungul elementului frustoconic 20a.

Elementul frustoconic 20a este aliniat cu mijlocul de generare a vibrațiilor ultrasonice 5 și un element capilar 7, unde primul diametru 20a1 este conectat la un canal interior 11 al piesei bucale 1 iar al doilea diametru 20a2 este conectat la containerul interior 20b.

Containerul interior 20b prezintă un perete interior care delimitează camera de sonificare 22 și camera cu lichid 21.

Structura rezervorului de lichid 2 prezintă un container exterior care delimitează perețele exterior al camerei cu lichid 21.

Containerul interior 20b și containerul exterior 20c reprezintă perețele interior, resp. perețele exterior al camerei cu lichid 21.

Structura rezervorului de lichid 2 este amplasată între piesa bucală 1 și carcasa 3, fiind detașabilă de piesa bucală 1 și carcasa 3.

Structura rezervorului de lichid 2 și piesa bucală 1 sau carcasa 3 pot include mecanisme complementare pentru a interacționa între ele; în continuare, astfel de dotări complementare pot include una dintre următoarele: un mecanism de tip baionetă; un mecanism de tip cuplaj filetat; un mecanism magnetic; sau un mecanism de fixare prin fricțiune; unde structura rezervorului de lichid 2 include o secțiune din mecanism iar piesa bucală 1 sau carcasa 3 include cealaltă secțiune a mecanismului.

În exemplul reutilizabil componentele sunt în mod substanțial aceleași. Diferențele dintre exemplul reutilizabil față de exemplul de unică folosință constau în ajustările făcute pentru a înlocui structura rezervorului de lichid 2.

După cum se prezintă în figura 3, camera cu lichid 21 are un perete superior 23 și un perete inferior 25 care închid containerul interior 20b și containerul exterior 20c al camerei cu lichid 21.

Elementul capilar 7 este amplasat între prima secțiune 20b1 și o a doua secțiune 20b2 ale containerului interior 20b.

Elementul capilar 7 prezintă o formă plată care se extinde de la camera de sonificare către camera cu lichid.

După cum se prezintă în figura 2 sau 3, elementul capilar 7 conține o secțiune centrală 7a în formă de U și o secțiune periferică 7b în formă de L.

Secțiunea în formă de L 7b se extinde în camera cu lichid 21 pe containerul interior 20b și de-a lungul peretelui inferior 25.

Secțiunea în formă de U 7a este inclusă în camera de sonificare 21. Secțiunea în formă de U 7a pe containerul interior 20b și de-a lungul peretelui inferior 25.

În nebulizatorul ultrasonic, secțiunea în formă de U 7a are o secțiune interioară 7a1 și o secțiune exterioară 7a2, secțiunea interioară 7a1 aflându-se în contact de suprafață cu o suprafață de atomizare 50 a mijlocului de generare a vibrațiilor ultrasonice 5, iar secțiunea exterioară 7a2 neaflându-se în contact cu mijlocul de generare a vibrațiilor ultrasonice 5.

5 Peretele inferior 25 al camerei cu lichid 21 este o placă inferioară 25 care închide camera cu lichid 21 și camera de sonificare 22. Placa inferioară 25 este etanșată, împiedicând astfel scurgerea lichidului din camera de sonificare 22 în carcasa 3.

10 Placa inferioară 25 are o suprafață superioară 25a care prezintă o adâncitură 25b, pe care este introdus un element elastic 8. Mijlocul de generare a vibrațiilor ultrasonice 5 este susținut de elementul elastic 8. Elementul elastic 8 este format dintr-un cauciuc inelar, cu formă de disc, care prezintă un orificiu interior 8', în care este realizată o canelură pentru a susține mijlocul de generare a vibrațiilor ultrasonice 5.

Peretele superior 23 al camerei cu lichid 21 este un capac 23 care închide camera cu lichid 23.

15 Peretele superior 23 are o suprafață superioară 23 care reprezintă nivelul maxim de lichid pe care îl poate conține camera cu lichid 21 și o suprafață inferioară 25 care reprezintă nivelul minim de lichid din camera cu lichid 21.

Peretele superior 23 este etanșat, împiedicând astfel scurgerea lichidului din camera cu lichid 21 în piesa bucală 1.

20 Peretele superior 23 și peretele inferior 25 sunt fixați de structura rezervorului de lichid 2 cu elemente de fixare cum ar fi șuruburi, adeviziv sau fricțiune.

25 După cum se prezintă în figura 3, elementul elastic se află în contact liniar cu mijlocul de generare a vibrațiilor ultrasonice 5 și previne contactul dintre mijlocul de generare a vibrațiilor ultrasonice 5 și pereții inhalatorului, atenuarea vibrațiilor în structura rezervorului de lichid fiind prevenită cu mai mare eficiență. Astfel, particulele fine ale lichidului atomizat de elementul de atomizare pot fi pulverizate mai departe.

30 După cum se prezintă în figura 3, containerul interior 20b are orificii 20b' între prima secțiune 20b1 și a doua secțiune 20b2 de la care elementul capilar 7 se extinde din camera de sonificare 21. Elementul capilar 7 absoarbe lichidul din camera de lichid 21 prin deschiderile 20b'. Elementul capilar 7 este un fitil. Elementul capilar 7 transportă lichidul către camera de sonificare 22 prin acțiune capilară. În unele exemple, elementul capilar 7 este realizat din fibre de bambus. În unele exemple, elementul capilar 7 poate avea o grosime între 0.27mm și 0.32mm și o densitate între 38 g/m² și 48 g/m².

După cum se poate vedea în figura 3, mijlocul de generare a vibrațiilor ultrasonice 5 este dispus direct sub elementul capilar 7.

35 Mijlocul de generare a vibrațiilor ultrasonice 5 poate fi un traductor. De exemplu, mijlocul de generare a vibrațiilor ultrasonice 5 poate fi un traductor piezoelectric, care poate fi conceput cu o formă circulară, de disc. Materialul traductorului piezoelectric poate fi ceramic.

De asemenea, pentru mijlocul de generare a vibrațiilor ultrasonice 5 pot fi utilizate o varietate de materiale de traductor.

40 Capătul canalului pentru flux de aer 27b1 este orientat către mijlocul de generare a vibrațiilor ultrasonice 5. Mijlocul de generare a vibrațiilor ultrasonice 5 permite circulația energiei electrice către contactoarele electrice 101a, 101b. Este de notat că în capătul distal 4b al circuitului integrat 4 există un electrod interior și un electrod exterior. Electrocul interior contactează primul contact electric 101a, care este o sondă cu contact cu resort, iar electrocul exterior contactează al doilea contact electric 101b, care este un pin lateral. Prin intermediul circuitului integrat 4, primul contact electric 101a permite circulația energiei electrice către borna pozitivă a dispozitivului de stocare electric 30 prin intermediul microprocesorului, în timp ce al doilea contact electric 101b permite circulația energiei electrice către borna negativă a dispozitivului de stocare electric 30.

50 Contactele electrice 101a, 101b au traversat placa inferioară 25. Placa inferioară 25 este concepută pentru a fi primită în interiorul peretelui perimetral 26 al structurii rezervorului de lichid 2. Placa inferioară 25 se sprijină pe muchii complementare, creând astfel camera cu lichid 21 și camera de sonificare 22.

Containerul interior 20b conține o fantă interioară circulară 20d pe care este aplicat un resort mecanic.

55 Prin împingerea secțiunii centrale 7a1 către mijlocul de generare a vibrațiilor ultrasonice 5, resortul mecanic 9 asigură o suprafață de contact între acestea.

Structura rezervorului de lichid 2 și placa inferioară 25 pot fi realizate prin utilizarea unei varietăți de materiale termoplastice.

Când utilizatorul inspiră din nebulizatorul ultrasonic 100, un flux de aer este aspirat din orificiile periferice 1" și penetrează camera pentru flux de aer 28, trece de orificiile periferice 27a" ale punții

pentru flux de aer 27a și de elementul frustoconic 20a și coboară în camera de sonificare 22 prin canalul pentru flux de aer 27b direct pe elementul capilar 7. În același timp, lichidul este tras din camera rezervor 21 prin intermediul capilarității, prin multiplele deschideri 20b' și în elementul capilar 7. Elementul capilar 7 aduce lichidul în contact cu mijlocul de generare a vibrațiilor ultrasonice 5 al inhalatorului 100.

5 De asemenea, când utilizatorul inspiră senzorul de presiune activează circuitul integrat 4, care direcționează curent către mijlocul de generare a vibrațiilor ultrasonice 5. Astfel, când utilizatorul inspiră la piesa bucală 1 a inhalatorului 100, două acțiuni au loc în același timp. În primul rând, senzorul activează circuitul integrat 4, care face ca mijlocul de generare a vibrațiilor ultrasonice 5 să înceapă să vibreze. În al doilea rând, actul de inspirație reduce presiunea în afara camerei rezervor 21, astfel încât

10 începe curgerea lichidului prin deschiderile 20b', ceea ce duce la saturarea elementului capilar 7. Elementul capilar 7 transportă lichidul către mijlocul de generare a vibrațiilor ultrasonice 5, ceea ce determină formarea bulelor într-un canal capilar prin intermediul mijlocului de generare a vibrațiilor ultrasonice 5 și lichidul se transformă în ceață. Apoi, ceața lichidă este inspirată de către utilizator.

În unele exemple, circuitul integrat 4 conține un regulator de frecvență care este configurat să

15 controleze frecvența la care operează mijlocul de generare a vibrațiilor ultrasonice 5. Regulatorul de frecvență conține un procesor și o memorie, memoria stocând instrucțiunile executabile care, atunci când sunt executate de procesor, determină ca acesta să execute cel puțin una dintre funcțiile regulatorului de frecvență.

După cum am descris mai sus, în unele exemple, nebulizatorul ultrasonic 100 antrenează

20 mijlocul de generare a vibrațiilor ultrasonice 5 cu un semnal de frecvență 2.8MHz până la 3.2MHz pentru a vaporiza un lichid cu viscozitatea 1.05 Pa.s până la 1.412 Pa.s, pentru a produce un volum al bulei de aproximativ 0.25 până la 0.5 micrometri. Însă, pentru lichide cu o viscozitate diferită sau pentru alte aplicații mijlocul de generare a vibrațiilor ultrasonice 5 poate fi antrenat la o frecvență diferită.

Pentru fiecare aplicație diferită pentru un sistem de generare a ceții există o frecvență sau o

25 bandă de frecvențe optimă pentru antrenarea mijlocului de generare a vibrațiilor ultrasonice 5, pentru a optimiza generarea ceții. În exemple în care mijlocul de generare a vibrațiilor ultrasonice 5 este un traductor piezoelectric, frecvența sau banda de frecvențe optimă va depinde de cel puțin următorii patru parametri:

1. Procesul de producție al traductorului

În unele exemple mijlocul de generare a vibrațiilor ultrasonice 5 conține o ceramică

30 piezoelectrică. Ceramica piezoelectrică este produsă prin amestecarea componentelor pentru a obține o pastă ceramică și este posibil ca acest proces de amestecare să prezinte variații de-a lungul producției. Această inconsistență poate genera diverse frecvențe de rezonanță ale ceramicii piezoelectrice finalizate.

Dacă frecvența de rezonanță a ceramicii piezoelectrice nu corespunde frecvenței necesare pentru

35 operarea dispozitivului, în timpul operării acestuia nu este produsă ceață. În cazul unui nebulizator cu nicotină, chiar și cea mai mică abatere în frecvența de rezonanță a ceramicii piezoelectrice este suficientă pentru a afecta producerea ceții, ceea ce înseamnă că dispozitivul nu îi va furniza utilizatorului niveluri de nicotină adecvate.

2. Sarcina la care este supus traductorul

În timpul funcționării, orice modificări ale sarcinii la care este supus traductorul piezoelectric vor

40 inhiba distribuția generală a oscilației traductorului piezoelectric. Pentru a obține o distribuție optimă a oscilației traductorului piezoelectric, frecvența de antrenare trebuie ajustată pentru a permite circuitului să furnizeze energia electrică adecvată pentru distribuție maximă.

Tipurile de sarcini care pot afecta eficiența oscilatorului pot include cantitatea de lichid de pe

45 traductor (umiditatea materialului fitilului) și forța resortului aplicată asupra materialului fitilului pentru a menține contactul permanent cu traductorul. Mai poate include și echipamentul de conectare electrică.

3. Temperatura

Oscilațiile ultrasonice ale traductorului piezoelectric sunt parțial atenuate prin asamblarea lui

50 într-un dispozitiv. Aceasta poate include plasarea traductorului într-un inel din silicon/cauciuc și faptul că resortul exercită presiune asupra materialului fitilului care se află deasupra traductorului. Această atenuare a oscilațiilor determină o creștere a temperaturilor locale pe și în jurul traductorului.

O creștere a temperaturii afectează oscilația din cauza modificărilor în comportamentul

55 molecular al traductorului. O creștere a temperaturii înseamnă mai multă energie către moleculele ceramicii, ceea ce îi afectează temporar structura cristalină. Chiar dacă efectul este inversat pe măsură ce temperatura se reduce, o modulație în frecvența furnizată este necesară pentru a menține oscilația optimă. Această modulație a frecvenței nu poate fi obținută cu un dispozitiv cu frecvență fixă convențional.

O creștere a temperaturii reduce și viscozitatea soluției (e-liquid) care este vaporizată, ceea ce poate face necesară o modificare a frecvenței de antrenare pentru a provoca cavitația și a menține constantă producerea ceții. În cazul unui dispozitiv cu frecvență fixă convențional, o reducere a

viscozității lichidului, fără nici o modificare a frecvenței de antrenare, va reduce sau opri complet producerea de ceață, făcând dispozitivul inoperabil.

4. Distanța față de sursa de energie

Frecvența de oscilație a unui circuit electronic se poate modifica în funcție de lungimea cablurilor dintre traductor și sistemul de antrenare al oscilatorului. Frecvența circuitului electronic este invers proporțională cu distanța dintre traductor și restul circuitului.

Chiar dacă parametrul distanță este în principiu fix într-un dispozitiv, el poate varia în timpul procesului de producție al dispozitivului, reducând eficiența generală a acestuia. Ca urmare, este de dorit modificarea frecvenței de antrenare a dispozitivului pentru a compensa variațiile și pentru a optimiza eficiența dispozitivului.

Un traductor piezoelectric poate fi modelat ca un circuit RLC într-un circuit electronic, după cum se arată în figura 5. Cei patru parametri descriși mai sus pot fi modelați ca modificări ale inductanței, capacității și/sau rezistenței generale ale circuitului RLC, modificând gama frecvenței de rezonanță furnizată traductorului. Pe măsură ce frecvența circuitului crește către aproximativ punctul de rezonanță al traductorului, impedanța înregistrată a circuitului general scade la un minimum și apoi crește la un maxim, înainte de a se stabiliza pe o plată mediană.

Figura 6 prezintă un grafic general care explică modificarea în impedanța generală cu creșterea frecvenței într-un circuit RLC. Figura 7 arată cum un traductor piezoelectric acționează ca un condensator într-o primă regiune capacitivă la frecvențe sub o primă frecvență predeterminată f_s și într-o a doua regiune capacitivă la frecvențe deasupra unei a doua frecvențe predeterminate f_p . Traductorul piezoelectric acționează ca un inductor într-o regiune inductivă la frecvențe între prima și a doua frecvență predeterminată f_s , f_p . Pentru a menține oscilația optimă a traductorului și, în consecință, eficiența maximă, curentul care trece prin traductor trebuie să fie menținut la o frecvență situată în regiunea inductivă.

În unele exemple regulatorul de frecvență al dispozitivului este configurat pentru a menține frecvența de oscilație a traductorului piezoelectric (mijlocul de generare a vibrațiilor ultrasonice 5) în regiunea inductivă, pentru a maximiza eficiența dispozitivului.

Regulatorul de frecvență al dispozitivului este configurat să execute o acțiune de baleiaj în care regulatorul de frecvență antrenează traductorul la frecvențe care se situează progresiv de-a lungul unei game de frecvențe predeterminate. În timp ce regulatorul de frecvență execută baleiajul, regulatorul de frecvență monitorizează o valoare de conversie analog-la-digital (ADC) a unui convertor analog-la-digital, care este cuplat la traductor. În unele exemple, valoarea ADC este un parametru al ADC, care este proporțional cu tensiunea în traductor. În alte exemple, valoarea ADC este un parametru al ADC, care este proporțional cu curentul care trece prin traductor.

După cum se va descrie în detaliu mai jos, regulatorul de frecvență din unele exemple determină energia activă folosită de traductorul ultrasonic prin monitorizarea curentului care trece prin traductor.

În timpul acțiunii de baleiaj regulatorul de frecvență localizează regiunea inductivă a frecvenței pentru traductor. Odată ce regulatorul de frecvență a identificat regiunea inductivă, acesta înregistrează valoarea ADC și fixează frecvența de antrenare a traductorului la o frecvență situată în regiunea inductivă (adică între prima și a doua frecvență predeterminată f_s , f_p) pentru a optimiza cavitația ultrasonică prin intermediul traductorului. Când frecvența de antrenare este fixată în regiunea inductivă, factorul de cuplare electro-mecanic al traductorului este maximizat, maximizând astfel și eficiența dispozitivului.

În unele exemple, regulatorul de frecvență este configurat să execute acțiunea de baleiaj pentru a localiza regiunea inductivă de fiecare dată când oscilația este inițiată sau reinițiată. În cadrul exemplelor, regulatorul de frecvență este configurat pentru a fixa frecvența de antrenare la o nouă frecvență în cadrul regiunii inductive de fiecare dată când oscilația este inițiată și astfel să compenseze orice modificare a parametrilor care afectează eficiența de funcționare a dispozitivului.

În unele exemple, regulatorul de frecvență asigură producerea optimă de ceață și maximizează eficiența cu care nicotina este furnizată pacientului. În unele exemple, regulatorul de frecvență optimizează dispozitivul, îmbunătățește eficiența și maximizează administrarea de nicotină utilizatorului.

În unele exemple, pentru a asigura generarea optimă a ceții și furnizarea optimă a compușilor, conform descrierii de mai sus, regulatorul de frecvență este configurat să opereze în mod recursiv. Când regulatorul de frecvență operează în mod recursiv, el execută periodic acțiunea de baleiaj a frecvențelor în timpul operării dispozitivului și monitorizează valoarea ADC pentru a determina dacă aceasta se situează deasupra unei valori limită prestabilite, care indică oscilația optimă a traductorului.

În unele exemple, regulatorul de frecvență desfășoară acțiunea de baleiaj în timp ce dispozitivul se află în procesul de aerosolizare a lichidului în cazul în care regulatorul de frecvență este capabil să identifice o posibilă frecvență mai bună pentru traductor. Dacă regulatorul de frecvență identifică o

frecvență mai bună, regulatorul de frecvență fixează frecvența de antrenare la frecvența mai bună, nou identificată, pentru a menține funcționarea optimă a dispozitivului.

În unele exemple, regulatorul de frecvență execută acțiunea de baleiaj a frecvențelor periodice și pentru o durată predeterminată, în timpul funcționării dispozitivului. În cazul dispozitivului din exemplele descrise mai sus durată predeterminată a baleierii și perioada de timp dintre baleieri sunt selectate pentru a optimiza funcționarea dispozitivului. La implementarea într-un nebulizator ultrasonic, acest lucru va asigura furnizarea optimă pentru un utilizator, prin inhalare.

Figura 8 prezintă o schemă de proces cu funcționarea unui regulator de frecvență în unele exemple.

Prezentarea următoare oferă alte exemple de nebulizatoare, care conțin multe dintre elementele din exemplele descrise mai sus. Elemente ale exemplelor descrise mai sus pot fi interschimbate cu oricare dintre elementele din exemplele descrise în restul prezentării curente.

Pentru a asigura producerea adecvată a aerosolilor, în acest exemplu nebulizatorul conține un traductor ultrasonic/piezoelectric cu diametrul de exact sau substanțial 16mm. Acest traductor este fabricat cu valori specifice de capacitanță și impedanță pentru a controla frecvența și curentul necesare pentru producția volumului de aerosol dorit.

Cu un traductor ultrasonic cu formă de disc și diametrul de 16 mm, plasat orizontal, ar rezulta un dispozitiv prea mare care nu ar putea fi manevrat ergonomic. Pentru a reduce această problemă, traductorul ultrasonic din acest exemplu este ținut vertical în camera de sonificare (suprafața planară a traductorului ultrasonic este în general paralelă cu fluxul ceții de aerosol către piesa bucală și/sau în general paralelă cu lungimea longitudinală a nebulizatorului). Spus altfel, traductorul ultrasonic este în general perpendicular cu o bază a nebulizatorului.

Referitor la figurile 9 și 10 ale desenelor însoțitoare, un dispozitiv de furnizare a nicotinei, denumit în continuare nebulizator 200 din unele exemple conține un dispozitiv de generare a ceții 201 și un dispozitiv de acționare 202. Dispozitivul de acționare 202, în acest exemplu, dispune de o adâncitură 203 care primește și fixează o parte din dispozitivul de generare a ceții 201. Ca urmare, generatorul de ceață 201 poate fi cuplat cu dispozitivul de acționare 202 pentru a forma un nebulizator 200 compact și portabil, așa cum este prezentat în figura 9.

Referitor la figurile 11 până la 13 ale desenelor însoțitoare, generatorul de ceață 201 conține o carcasă a generatorului de ceață 204, care este alungită și, opțional, formată din două secțiuni de carcasă 205, 206, care sunt atașate una de alta. Carcasa generatorului de ceață 204 conține un orificiu de pătrundere a aerului 207 și un orificiu de ieșire a ceții 208.

În acest exemplu, carcasa generatorului de ceață 204 este realizată din plastic format prin injecție, mai precis polipropilenă, care este utilizată de obicei pentru aplicații medicale. În acest exemplu carcasa generatorului de ceață 204 este realizată dintr-un copolimer heterofazic. Mai precis, un copolimer heterofazic BF970MO, care prezintă o combinație optimă între rigiditate foarte ridicată și o foarte mare rezistență la impact. Părțile carcasei generatorului de ceață turnate din acest material prezintă o bună performanță antistatică.

Un copolimer heterofazic, cum este polipropilena, este deosebit de adecvat pentru carcasa generatorului de ceață 204, dat fiind că materialul nu determină condensarea aerosolului în timp ce circulă din camera de sonificare 219, prin piesa bucală, către utilizator. Materialul plastic poate fi reciclat cu ușurință prin procese industriale de tăiere și curățare.

În figurile 9, 10 și 12 orificiul de ieșire a ceții 208 este închis de un element de închidere 209. Însă, se poate observa că atunci când nebulizatorul 200 este utilizat, elementul de închidere 209 este îndepărtat de pe orificiul de ieșire a ceții 208, așa cum se arată în figura 11.

Referitor la figurile 14 și 15, generatorul de ceață 200 conține un suport de traductor 210, care este fixat în interiorul carcasei generatorului de ceață 204. Suportul de traductor 210 conține secțiunea corpului 211, care în acest exemplu are formă cilindrică sau în general cilindrică, cu orificiile circulare, superior și inferior, 212, 213. Suportul de traductor 210 dispune de un canal interior 214 pentru a primi o muchie a unui traductor ultrasonic 215, după cum se arată în figura 15.

Suportul de traductor 210 încorporează o secțiune decupată 216, prin care un electrod 217 se extinde de la traductorul ultrasonic 215, astfel încât electrodul 217 poate fi conectat electric la un acționator de curent alternativ al unui dispozitiv de acționare, după se descrie mai în detaliu mai jos.

Referindu-ne din nou la figura 13, generatorul de ceață 201 conține o cameră cu lichid 218, care este prevăzută în interiorul carcasei generatorului de ceață 204. Camera cu lichid 218 este destinată păstrării lichidului care trebuie atomizat. În unele exemple, un lichid este conținut în camera cu lichid 218. În alte exemple, camera cu lichid 218 este goală inițial și este umplută cu lichid ulterior.

Un lichid (denumit în continuare și e-liquid) cu compoziția adecvată pentru utilizarea într-un dispozitiv ultrasonic, care este acționat la o frecvență de 3.0 MHz (± 0.2 MHz) de o baterie litiu-polimer (LiPo) de 3.7V, lichidul constând din sare de nicotină, care constă din levulinat de nicotină, unde:

Cantitatea relativă de glicerină vegetală din compoziție este: de la 55 la 80% (w/w), sau de la 60 la 80% (w/w), sau de la 65 la 75% (w/w), sau 70% (w/w); și/sau, Cantitatea relativă de propilenglicol din compoziție este: de la 5 la 30% (w/w), sau de la 10 la 30% (w/w), sau de la 15 la 25% (w/w), sau 20% (w/w); și/sau, Cantitatea relativă de apă din compoziție este: de la 5 la 15% (w/w), sau de la 7 la 12% (w/w), sau 10% (w/w); și/sau,

Cantitatea de nicotină și/sau sare de nicotină din compoziție este: de la 0,1 la 80 mg/ml, sau de la 0,1 la 50 mg/ml, sau de la 1 la 25 mg/ml, sau de la 10 la 20 mg/ml, sau 17 mg/ml.

În unele exemple, generatorul de ceață 201 conține un e-liquid cu o viscozitate cinematică între 1,05 Pa•s și 1,412 Pa•s.

În alte exemple, camera cu lichid 218 cuprinde un lichid care conține o sare din levulinat de nicotină la un raport molar de 1:1.

În unele exemple, camera cu lichid 218 conține un lichid cu o viscozitate cinematică între 1.05 Pa•s și 1.412 Pa•s și cu o densitate a lichidului între 1,1 g/ml și 1,3 g/ml.

Prin utilizarea unui e-liquid cu parametrii corecți de viscozitate, densitate și având în aer un volum vizat al bulei sub formă de pulverizare lichidă, s-a descoperit că banda de frecvențe de 2,8MHz până la 3,2MHz pentru gama de viscozitate a lichidului de 1,05 Pa•s și 1,412 Pa•s și o densitate de aproximativ 1,1-1,3 g/mL au (game de densitate de la Hertz) produce un volum al bulei unde 90% dintre picături sunt sub 1 micron iar 50% dintre acestea sunt sub 0,5 microni.

Generatorul de ceață 201 conține o cameră de sonificare 219, care este prevăzută în interiorul carcasei generatorului de ceață 204.

Revenind la figurile 14 și 15, suportul de traductor 210 conține o secțiune de divizare 220, care asigură o barieră între camera cu lichid 218 și camera de sonificare 219. Bariera asigurată de secțiunea de divizare 220 minimizează riscul inundării camerei de sonificare 219 cu lichid din camera cu lichid 218 sau ca elementul capilar să fie suprasaturat prin intermediul traductorului ultrasonic 215, ambele situații ducând la suprasolicitarea și reducerea eficienței traductorului ultrasonic 215. Mai mult, inundarea camerei de sonificare 219 sau suprasaturarea elementului capilar ar putea cauza o experiență neplăcută cu lichidul care este aspirat de utilizator la inhalare. Pentru reducerea riscului, secțiunea de divizare 220 a suportului de traductor 210 este amplasată ca un perete între camera de sonificare 219 și camera cu lichid 218.

Secțiunea de divizare 220 conține o deschidere capilară 221, care reprezintă singura modalitate prin care lichidul poate curge din camera cu lichid 218 în camera 219 de sonificare prin intermediul unui element capilar. În acest exemplu, deschiderea capilară 221 este o fantă alungită cu lățimea de 0.2mm până la 0.4mm. Dimensiunile deschiderii capilare 221 determină ca muchiile deschiderii capilare 221 să asigure o forță de retenție, care acționează asupra elementului capilar care se extinde prin deschiderea capilară 221, pentru un control suplimentar al curgerii lichidului către camera de sonificare 219.

În acest exemplu, suportul de traductor 210 este realizat din cauciuc siliconic lichid (LSR). În acest exemplu cauciucul siliconic lichid are o duritate Shore A 60. Acest material LSR face ca traductorul ultrasonic 215 să vibreze fără ca suportul de traductor 210 să atenueze vibrațiile. În acest exemplu distribuția vibratorie a traductorului ultrasonic 215 este de 2-5 nanometri iar efectul de atenuare poate reduce eficiența traductorului ultrasonic 215. Ca urmare materialul LSR și duritatea sunt selectate pentru performanță optimă cu compromisuri minime.

Referitor la figurile 16 și 17, generatorul de ceață 201 conține o capilară sau un element capilar 222 pentru transferarea unui lichid (care conține nicotină) din camera cu lichid 218 către camera de sonificare 219. Elementul capilar 222 este plan sau în general plan în raport cu o primă secțiune 223 și o a doua secțiune 224. În acest exemplu, prima secțiune 223 are o formă rectangulară sau în general rectangulară iar a doua secțiune 224 are o formă parțial circulară.

În acest exemplu, elementul capilar 222 conține o a treia secțiune 225 și o a patra secțiune 226, care au o formă respectiv identică cu prima și a doua secțiune 223, 224. Elementul capilar 222 din acest exemplu este îndoit pe o linie de îndoire 227, astfel încât prima și a doua secțiune 223, 224 și a treia și a patra secțiune 225, 226 sunt suprapuse una peste alta, după cum se prezintă în figura 17.

În acest exemplu, elementul capilar o grosime de aproximativ 0.28mm. Când elementul capilar 222 este îndoit pentru a avea două straturi, așa cum se arată în figura 17, grosimea totală a elementului capilar este de aproximativ 0.56mm. Acest strat dublu asigură existența întotdeauna a unei cantități suficiente de lichid pe traductorul ultrasonic 215, pentru producția optimă de aerosol.

În acest exemplu, când elementul capilar 222 este îndoit, capătul inferior al primei și celei de-a treia părți 223, 225 definește un capăt inferior mărit 228 care mărește suprafața elementului capilar 222 în

porțiunea elementului capilar 222 care stă în lichid în interiorul camerei cu lichid 218, pentru a mări rata cu care elementul capilar 222 absoarbe lichidul.

În acest exemplu, elementul capilar 222 este 100% fibre de bambus. În alte exemple, elementul capilar este realizat din cel puțin 75% fibre de bambus. Beneficiile utilizării fibrei de bambus ca element capilar sunt cele descrise mai sus.

Referitor la figurile 18 și 19, elementul capilar 222 este fixat de către suportul de traductor 210, astfel încât suportul de traductor 210 fixează a doua secțiune 224 a elementului capilar 222 suprapusă pe o parte a unei suprafețe de atomizare a traductorului ultrasonic 215. În acest exemplu, a doua secțiune circulară 224 se află în adâncitura interioară 214 a suportului de traductor 210.

Prima secțiune 223 a elementului capilar 222 se extinde prin deschiderea capilară 221 în suportul de traductor 210.

Referitor la figurile 20 până la 22, a doua secțiune 206 a carcasei generatorului de ceață 204 conține un perete în general circular 229, care primește suportul de traductor 222 și formează o parte a peretelui camerei de sonificare 219.

Deschiderile de contact 230 și 231 sunt prevăzute într-un perete lateral al celei de-a doua secțiuni 206 pentru a primi contactele electrice 232 și 233, care formează conexiunile electrice cu electrozii traductorului ultrasonic 215.

În acest exemplu, un vârf absorbant sau un element absorbant 234 este prevăzut adiacent orificiului de ieșire a ceții 208, pentru a absorbi lichid la orificiul de ieșire a ceții 208. În acest exemplu, elementul absorbant 234 este realizat din fibre de bambus.

Referitor la figurile 23 până la 25, prima secțiune 205 a carcasei generatorului de ceață 204 este de formă similară cu a doua secțiune 206 și conține o altă secțiune de perete în general circular 235, care formează o altă secțiune a peretelui camerei de sonificare 219 și fixează suportul de traductor 210.

În acest exemplu, un alt element absorbant 236 este prevăzut adiacent orificiului de ieșire a ceții 208, pentru a absorbi lichid la orificiul de ieșire a ceții 208.

În acest exemplu, prima secțiune 205 a carcasei generatorului de ceață 204 conține un mecanism de susținere cu resort 237, care susține capătul inferior al unui resort de fixare 238, după cum se arată în figura 26.

Un capăt superior al resortului de fixare 238 este în contact cu a doua secțiune 224 a elementului capilar 222, astfel încât resortul de fixare 238 asigură o forță de retenție care direcționează elementul capilar 222 către suprafața de atomizare a traductorului ultrasonic 215.

Referitor la figura 27, suportul de traductor 210 este prezentat pe poziție și fixat de a doua secțiune 206 a carcasei generatorului de ceață 204, înainte ca cele două secțiuni 205, 206 ale carcasei generatorului de ceață 204 să fie atașate una de alta.

Referitor la figurile 28 până la 31, în acest exemplu, generatorul de ceață 201 conține un sistem de identificare 239. Sistemul de identificare 239 conține o placă de circuite imprimate 240 cu contacte electrice 241, prevăzute pe o latură și un circuit integrat 242 și o altă componentă opțională 243 prevăzută pe cealaltă latură.

Circuitul integrat 242 dispune de o memorie care stochează un identificator unic pentru generatorul de ceață 201. Contactele electrice 241 asigură o interfață electronică pentru comunicarea cu circuitul integrat 242.

Placa de circuite imprimate 240 este, în acest exemplu, montată într-o adâncitură 244 pe o latură a carcasei generatorului de ceață 204. Circuitul integrat 242 și, opțional, alte componente electronice 243, sunt plasate în altă adâncitură 245, astfel încât placa de circuite imprimate 240 este în general coliniară cu latura carcasei generatorului de ceață 204.

În acest exemplu, circuitul integrat 242 este un dispozitiv programabil o singură dată (OTP), ceea ce reprezintă o funcție anticontrafacere și care face ca doar generatoarele de ceață originale ale producătorului să poată fi utilizate cu acest dispozitiv. Funcția anti-contrafacere este implementată în generatorul de ceață 201 sub forma unui circuit integrat (IC) specific, personalizat, care este atașat (împreună cu placa de circuite imprimate 240) de generatorul de ceață 201. OTP sub formă de IC conține o informație absolut unică, ce permite trasabilitatea completă a generatorului de ceață 201 (și a conținutului acestuia) de-a lungul duratei sale de viață, precum și monitorizarea precisă a consumului de către utilizator. IC OTP permite ca generatorul de ceață 201 să funcționeze pentru a genera ceață numai când este autorizat.

O implementare a IC OTP a unui exemplu conform prezentării curente este descrisă în detaliu mai jos.

Caracteristica OTP indică statutul de autorizat al unui anumit generator de ceață 201. Pentru a preveni emisiile de carbonili și pentru a menține aerosolul la standarde sigure, experimentele au arătat că generatorul de ceață 201 este considerat ca nemaiaivând lichid în camera cu lichid 218 după aproximativ

1000 secunde de aerosolizare. În acest fel, un generator de ceață 201 care nu este original sau gol nu va putea fi activat după această durată de utilizare prestabilită.

Caracteristica OTP poate fi parte a unui întreg lanț, în combinație cu punctul de vânzare digital, aplicația mobilă însoțitoare și generatorul de ceață 201. Doar un generator de ceață 201 original, produs de către un fabricant de încredere și vândut la un punct de vânzare digital poate fi utilizat în acest dispozitiv. O aplicație mobilă însoțitoare, care face conexiunea între contul de utilizator pe o platformă digitală a producătorului și generatorul de ceață 201, asigură utilizarea în siguranță a unui conținut cunoscut ca fiind sigur, pentru o durată sigură de aspirare.

Așadar, caracteristica OTP permite un grad ridicat de control al accesului și monitorizare, necesare în cadrul unui program de renunțare la fumat. IC OTP este citit de un dispozitiv de acționare 202, care poate recunoaște generatorul de ceață 201 introdus și programul de renunțare la fumat și/sau utilizatorul asociate acestuia. Dispozitivul de acționare 202 nu poate fi utilizat cu acest generator de ceață 201 mai mult de sau în afara intervalului de timp indicat în instrucțiuni. În plus, poate fi realizat un memento pe aplicația mobilă însoțitoare pentru reduce riscul ca utilizatorul să nu își administreze o doză.

În unele exemple, IC OTP este de unică folosință, în același mod ca și generatorul de ceață 201. Oricând generatorul de ceață 201 este considerat gol, el nu va fi activat dacă este introdus într-un dispozitiv de acționare 202. În mod similar, un generator 201 contrafăcut nu va funcționa în dispozitivul de acționare 202.

Figurile 32 până la 34 ilustrează modul în care aerul circulă prin generatorul de ceață 201 în timpul funcționării.

Sonificarea lichidului care conține nicotină face ca acesta să se transforme în ceață (aerosolizare). Însă, ceața s-ar depune peste traductorul ultrasonic 215 dacă nu există suficient aer ambiental pentru a înlocui aerosolul care se ridică. În camera de sonificare 219 este necesară furnizarea continuă de aer în timp ce ceața (aerosol) este generată și extrasă de către utilizator prin piesa bucală. Pentru îndeplinirea acestei cerințe este prevăzut un canal pentru circulația aerului. În acest exemplu canalul pentru circulația aerului are o suprafață medie a secțiunii transversale de $11,5\text{mm}^2$, care este calculată și proiectată în camera de sonificare 219 pe baza presiunii negative a aerului generată de un utilizator mediu. Astfel este controlat și raportul ceață-aer în aerosolul inhalat, controlându-se astfel cantitatea de nicotină furnizată utilizatorului.

Pe baza cerințelor de design, canalul pentru circulația aerului este direcționat în așa fel, încât el pornește de la baza camerei de sonificare 219. Deschiderea de la baza camerei de aerosol este aliniată cu și adiacentă deschiderii către o punte pentru flux de aer din dispozitiv. Canalul pentru circulația aerului merge vertical în sus, de-a lungul rezervorului și continuă până în centrul camerei de sonificare (concentric cu traductorul ultrasonic 215). Aici se întoarce spre interior, cu un unghi de 90° . Traiectul de curgere continuă apoi până la aproximativ $1,5\text{mm}$ de traductorul ultrasonic 215. Acest traiect asigură maximizarea cantității de aer ambiental furnizat direct în direcția suprafeței de atomizare a traductorului ultrasonic 215. Aerul circulă prin canal către traductor, colectează ceața generată în timp ce iese afară prin piesa bucală și către utilizator.

Dispozitivul de acționare 202 va fi descris acum, inițial cu referință la figurile 35 și 36. Aerul pătrunde în generatorul de ceață 201 prin orificiul de pătrundere a aerului 207 care, după este descris mai jos, permite circulația fluidelor către o punte pentru flux de aer din dispozitivul de acționare 202. Aerul circulă de-a lungul unui traseu de curgere care modifică direcția fluxului de aer cu aproximativ 90° , pentru a-l direcționa către traductorul ultrasonic 215.

În unele exemple, circulația aerului este configurată pentru a schimba direcția unui flux de aer de-a lungul traiectului de curgere al acestuia, astfel încât fluxul de aer este în mod substanțial perpendicular față de suprafața de atomizare a traductorului ultrasonic în momentul în care fluxul de aer pătrunde în camera de sonificare.

Dispozitivul de acționare 202 conține o carcasă a dispozitivului de acționare 246, care este realizată cel puțin parțial din metal. În unele exemple carcasa dispozitivului de acționare 246 este în întregime din aluminiu (AL6063-T6), ceea ce protejează componentele interne de mediul înconjurător (praf, pătrunderea apei pulverizate, etc.) precum și de deteriorări cauzate de șocuri (căderi accidentale, etc.).

În unele exemple, carcasa dispozitivului de acționare 246 este prevăzută cu orificii de ventilație pe părțile laterale, ceea ce permite aerului ambiental să pătrundă în dispozitiv pentru două scopuri; pe de o parte pentru a realiza ventilarea în jurul componentelor electronice și a le menține la temperaturile de funcționare, pe de altă parte aceste orificii de ventilație permit pătrunderea aerului în dispozitiv și apoi, prin puntea pentru flux de aer, în generatorul de ceață 201.

Carcasa dispozitivului de acționare 246 este prelungită cu o cameră internă 247, care adăpostește componentele dispozitivului de acționare 202. Un capăt al carcasei dispozitivului de acționare 246 este

închis cu capac de închidere 248. Celălalt capăt al carcasei dispozitivului de acționare 247 are o deschidere 249 care asigură o deschidere pentru adâncitura 203 a dispozitivului de acționare 202.

Dispozitivul de acționare 202 conține o baterie 250, care este conectată la o placă de circuite imprimate 251. În unele exemple, bateria 250 este o baterie Li-Po de 3.7V DC, cu capacitate de 1140 mAh și rată de descărcare 10C. Rata de descărcare ridicată este necesară pentru amplificarea voltajului până la 15V, necesară pentru ca traductorul ultrasonic 215 să funcționeze în mod corespunzător. Forma și dimensiunea bateriei sunt proiectate, ținând cont de limitările fizice, în funcție de forma și dimensiunea dispozitivului și a spațiului alocat pentru sursa de energie.

Placa de circuite imprimate 251 încorporează un procesor, o memorie și alte componente electronice pentru implementarea funcțiilor electrice ale dispozitivului de acționare 202. Pinii de încărcare 258 prevăzuți la un capăt al plăcii de circuite imprimate 251 se extind prin capacul de închidere 248 pentru a asigura conexiuni de încărcare a bateriei 250.

Placa de circuite imprimate 251 este fixată în carcasa dispozitivului de acționare 246 de un schelet 252. Scheletul 252 prezintă un canal 253, care primește placa de circuite imprimate 251. Scheletul 252 încorporează secțiuni laterale ridicate 254, 255, care susțin bateria 250.

În unele exemple, scheletul 252 este fabricat prin procese industriale de formare prin injecție. Scheletul din plastic format prin injecție asigură fixarea perfectă a tuturor componentelor în carcasă. De asemenea formează o acoperire deasupra părții frontale a PCB (placă de circuite imprimate) care primește generatorul de ceață 201 atunci când este introdus în dispozitivul de acționare 202.

Dispozitivul de acționare 202 conține un senzor de flux de aer care acționează ca un comutator pentru activarea și furnizarea energiei către traductor pentru sonificare și producerea aerosolului. Senzorul de flux de aer este montat pe PCB în dispozitiv și necesită o anumită scădere a presiunii atmosferice în jurul său pentru a activa dispozitivul de acționare 202. În acest sens, o punte pentru flux de aer 259, după cum se arată în figurile 39 până la 41, este proiectată cu canale interne 260, 261 care direcționează aerul din mediul înconjurător prin punte 259 în camera de aerosol 262. Scheletul 252 conține canale opuse 256, 257 pentru a primi secțiuni ale punții pentru flux de aer 259, după cum se arată în figura 42.

Canalele interne din puntea pentru flux de aer 259 prezintă un micro-canal 263 (0,5mm diametru) care se extinde în jos către o cameră 264 care acoperă complet senzorul de flux de aer. În timp ce aerul pătrunde prin admisiile laterale și circulă în sus către camera de aerosol 262, el creează o presiune negativă în micro-canal 263, care acționează senzorul de flux de aer pentru a activa dispozitivul.

Dispozitivul este compact, portabil și deosebit de avansat, el permițând aerosolizarea precisă, sigură și monitorizată. Acest lucru este obținut prin încorporarea unor componente electronice de mare calitate, proiectate conform IPC clasa 3 - calitate medicală.

Echipamentele electronice ale dispozitivului de acționare 202 se împart după cum urmează:

1. Secțiune de sonificare

Pentru a obține cea mai eficientă aerosolizare actualmente posibilă pentru inhalarea într-un dispozitiv portabil, cu dimensiune a particulelor sub 1um, secțiunea de sonificare trebuie să asigure padurile de contact care primesc traductorul ultrasonic 215 (disc ceramic piezoelectric (PZT)) cu frecvență adaptivă ridicată (aproximativ 3MHz).

Această secțiune nu doar că trebuie să asigure o frecvență ridicată dar și să protejezi traductorul ultrasonic 215 împotriva defecțiunilor, asigurând cavitație optimizată constant.

Deformarea mecanică a PZT este de legată de amplitudinea voltajului de curent alternativ care îi este aplicat și, pentru a garanta funcționarea și furnizarea optimă a sistemului la fiecare sonificare, PZT trebuie să fie supus tot timpul deformării maxime.

Însă, pentru a preveni deteriorarea PZT, puterea activă transferată acestuia trebuie să fie controlată cu precizie.

Acest lucru a putut fi obținut doar prin proiectarea unui chip cu circuit integrat de management al puterii (PMIC), care nu există pe piață și care este prevăzut pe placa de circuite imprimate a dispozitivului de acționare 202. Acest PMIC permite modularea puterii active furnizate către PZT în orice moment, fără să afecteze amplitudinea mecanică a vibrației PZT.

Prin modulația duratei impulsurilor (PWM) voltajului de curent alternativ aplicat PZT, amplitudinea mecanică a vibrației rămâne constantă.

Singura opțiune preexistentă disponibilă ar fi fost modificarea voltajului de curent alternativ de ieșire prin utilizarea unui convertor digital-analog (DAC). Energia transmisă către PZT s-ar reduce, însă s-ar reduce și deformarea mecanică, ceea ce degradează complet și împiedică aerosolizarea corespunzătoare. Voltajul RMS aplicat ar fi același cu modulația efectivă a factorului de umplere, ca și cu modulația voltajului, însă puterea activă transferată către PZT s-ar degrada. Având în vedere formula de mai jos:

$$Pa = \frac{2\sqrt{2}}{\pi} I_{rms} * V_{rms} * \cos\varphi,$$

Putere activă transmisă către PZT

Unde

φ este decalajul de fază între curent și voltaj

I_{rms} este valoarea medie pătratică a curentului

5 V_{rms} este valoarea medie pătratică a voltajului.

Având în vedere prima armonică, I_{rms} este o funcție a amplitudinii reale a voltajului aplicat traductorului, în timp ce modulația duratei impulsurilor modifică durata voltajului furnizat către traductor, controlând I_{rms} .

10 Designul specific al PMIC utilizează un design ultra-modern, permițând controlul ultra-precis al benzii de frecvență și a treptelor care trebuie aplicate PZT, incluzând un set complet de bucle de feedback și cale de monitorizare pentru secțiunea de control de utilizat.

Restul secțiunii de aerosolizare este compus din convertorul ridicător de tensiune DC/DC și transformator, care livrează energia necesară de la o baterie de 3,7V către pădurile de contact ale PZT.

15 Referitor la figura 43 a desenelor însoțitoare, dispozitivul de acționare 202 conține un microcip de acționare a traductorului ultrasonic, denumit în continuare circuit integrat de management al puterii sau PMIC 300. PMIC 300 este un microcip pentru acționarea unui circuit rezonant. Circuitul rezonant este un rezervor LC, o antenă sau, în acest caz, un traductor piezoelectric (traductorul ultrasonic 215).

20 În această prezentare termenii cip, microcip și circuit integrat sunt interschimbabili. Microcipul sau circuitul integrat reprezintă o unitate individuală care cuprinde multiple componente și subsisteme încorporate și interconectate. Microcipul constă, de exemplu, cel puțin parțial dintr-un semiconductor, cum ar fi siliconul, și este fabricat prin utilizarea tehnicilor de producere a semiconductoarelor.

25 Dispozitivul de acționare 202 conține de asemenea un al doilea microcip, denumit în continuare circuit integrat punte sau punte IC 301, care este conectat electric cu PMIC 300. Puntea IC 301 este un microcip pentru acționarea unui circuit rezonant, cum ar fi un rezervor LC, o antenă sau un traductor piezoelectric. Puntea IC 301 reprezintă o unitate individuală care cuprinde multiple componente și subsisteme încorporate și interconectate.

În acest exemplu PMIC 300 și puntea IC 301 sunt montate pe aceeași PCB a dispozitivului de acționare 202. În acest exemplu, dimensiunile fizice ale PMIC 300 sunt 1-3mm lățime și 1-3mm lungime iar dimensiunile fizice ale punții IC 301 sunt 1-3mm lățime și 1-3mm lungime.

30 Generatorul de ceață 201 conține un circuit integrat programabil sau programabil o singură dată sau IC OTP 242. Când generatorul de ceață 201 este cuplat la dispozitivul de acționare 202, IC OTP este conectat electric cu PMIC 300 pentru a primi curent de la PMIC 300, astfel încât PMIC 300 poate gestiona tensiunea furnizată către IC OTP 242. IC OTP 242 este conectat și la o magistrală de comunicare 302 din dispozitivul de acționare 202. În acest exemplu magistrala de comunicare 302 este o magistrală I2C, însă în alte exemple magistrala de comunicare 302 este un alt tip de magistrală de comunicare serială digitală.

Traductorul ultrasonic 215 din generatorul de ceață 201 este conectat electric cu puntea IC 301, astfel încât traductorul ultrasonic 215 poate fi acționat de un semnal de acționare de curent alternativ, generat de puntea IC 301 când dispozitivul 200 este în uz.

40 Dispozitivul de acționare 202 conține un procesor sub forma unui microcontroler 303, care este cuplat electric pentru comunicare cu magistrala de comunicare 302. În acest exemplu, microcontrolerul 303 este un microcontroler Bluetooth™ low energy (BLE). Microcontrolerul 303 primește energie de la un regulator cu pierdere redusă (LDO) 304, care este acționat de bateria 250. LDO 304 furnizează o tensiune controlată stabilă pentru microcontrolerul 303, pentru a permite microcontrolerului 303 să funcționeze constant chiar și când apare o variație în tensiunea bateriei 250.

45 Dispozitivul de acționare 202 conține un regulator de tensiune sub forma unui convertor ridicător de tensiune DC-DC 305, care este alimentat cu energie de la bateria 250. Convertorul ridicător de tensiune 305 mărește tensiunea bateriei 250 la o tensiune programabilă VBOOST. Tensiunea programabilă VBOOST este setată de convertorul ridicător de tensiune 305 ca răspuns la un semnal de control al tensiunii VCTL de la PMIC 300. După se va descrie detaliat mai jos, convertorul ridicător de tensiune 305 emite tensiunea VBOOST către puntea IC 301. În alte exemple regulatorul de tensiune este un convertor coborâtor de tensiune sau un alt tip de regulator de tensiune care emite o tensiune selectabilă.

55 Semnalul de control al tensiunii VCTL este generat de un convertor digital-analog (DAC) care, în acest exemplu, este implementat în PMIC 300. DAC-ul nu este vizibil în figura 43 deoarece este integrat în PMIC 300. DAC-ul și beneficiile tehnice ale integrării DAC-ului în PMIC 300 sunt descrise în detaliu mai jos.

În acest exemplu, PMIC 300 este conectat la un conector de sursă de energie sub forma unui conector de magistrală serială universală (USB) 306, astfel încât PMIC 300 poate primi o tensiune de încărcare VCHRG când conectorul USB 306 este cuplat la un încărcător USB.

Dispozitivul de acționare 202 conține un prim senzor de presiune 307 care, în acest exemplu, este un senzor de presiune static. Dispozitivul de acționare 202 conține și un al doilea senzor de presiune 308 care, în acest exemplu, este un senzor de presiune dinamic. Însă, în alte exemple, dispozitivul de acționare 202 conține doar unul dintre cei doi senzori de presiune 307, 308. După cum am descris mai sus, senzorii de presiune 307, 308 detectează o schimbare a presiunii în camera de aerosol 262 pentru a detecta când un utilizator trage din nebulizatorul 200.

În acest exemplu dispozitivul de acționare 202 conține multiple LED-uri 308, care sunt controlate de PMIC 300.

Microcontrolerul 303 funcționează ca un dispozitiv master în magistrala de comunicare 302, cu PMIC 300 fiind un prim dispozitiv slave, IC OTP 242 fiind un al doilea dispozitiv slave, al doilea senzor de presiune 308 fiind un al treilea dispozitiv slave, iar primul senzor de presiune 307 fiind un al patrulea dispozitiv slave. Magistrala de comunicare 302 îi permite microcontrolerului 303 să controleze următoarele funcții din dispozitivul de acționare 202:

1. Toate funcțiile PMIC pot fi configurate de microcontrolerul 303.

2. Curentul care trece prin traductorul ultrasonic 215 este detectat de un circuit detector și redresor de bandă largă la o tensiune înaltă de mod comun (partea înaltă a punții). Curentul detectat este convertit într-o tensiune proporțională curentului rms și furnizat ca tensiune reglată la un pin de ieșire 309 pentru detectarea curentului al punții IC 301. Această tensiune este alimentată și eșantionată în PMIC 300 și pusă la dispoziție ca o reprezentare digitală prin intermediul solicitărilor I2C. Detectarea curentului care trece prin traductorul ultrasonic 215 reprezintă o parte a funcționalității de urmărire a frecvenței de rezonanță. Conform descrierii din prezentul document, capacitatea dispozitivului de a activa această funcționalitate în puntea IC 301 asigură beneficii tehnice semnificative.

3. DAC-ul (nu apare în figura 43) integrat în PMIC 300 permite ca tensiunea VBOOST a convertorului ridicător de tensiune DC-DC să fie programată pentru a se situa între 10V și 20V.

4. Microcontrolerul 303 permite subsistemului de încărcare al dispozitivului 202 să gestioneze încărcarea bateriei 250, care în acest exemplu este o baterie cu o singură celulă.

5. Un modul de acționare a diodelor luminescente (LED) (nu apare) este acționat de PMIC 300 pentru a acționa și regla digital intensitatea LED-urile 308, fie în mod liniar sau în mod de corecție gama.

6. Microcontrolerul 303 este capabil să citească valorile de senzor Presiune#1 și Presiune#2 de la senzorii de presiune 307, 308.

Referitor la figura 44 a desenelor însoțitoare, PMIC 300 este, în acest exemplu, un cip autonom sau un circuit integrat care conține subsisteme integrate și multipli pini, care asigură semnale electrice de intrare și ieșire pentru PMIC 300. Referințele la un circuit integrat sau cip în această prezentare sunt interschimbabile, ambii termeni incluzând un dispozitiv semiconductor care poate fi, de exemplu, din silicon.

PMIC 300 conține un nucleu analogic 310 care conține componente analogice, inclusiv un bloc de referință (BG) 311, un LDO 312, un senzor de curent 313, un senzor de temperatură 314 și un oscilator 315.

După cum se descrie mai detaliat în continuare, oscilator 315 este cuplat la o buclă cu calare pe întârziere (DLL) care emite fazele de modulație a duratei impulsurilor (PWM) A și B. Oscilatorul 315 și DLL generează o emisie PWM aliniată la centru cu două faze care acționează o punte-H din puntea IC 301.

DLL conține multiple linii de întârziere conectate capăt la capăt, întârzierea totală a liniilor de întârziere fiind egală cu perioada semnalului de ceas principal clk_m. În acest exemplu DLL este implementată într-un subsistem cu procesor digital, denumit în continuare nucleu digital 316, al PMIC 300 care primește un semnal de ceas de la oscilatorul 315 și o tensiune de alimentare controlată de la LDO 312. DLL este implementată într-un număr ridicat (de ex. de ordinul milioanelor) de porți de temporizare, care sunt conectate capăt la capăt în nucleul digital 316.

Implementarea oscilatorului 315 și a DLL în același circuit integrat al PMIC 300 pentru a genera un semnal PWM aliniat la centru cu două faze este unică, dat fiind că în prezent nici o altă componentă generatoare de semnal de pe piața circuitelor integrate nu conține această implementare.

Conform descrierii din prezentul document, PWM este parte a funcționalității care permite dispozitivului de acționare 202 să urmărească cu precizie frecvența de rezonanță a traductorului ultrasonic 215, pentru a menține un transfer eficient de energie electrică în energie cinetică pentru a optimiza generarea de ceață.

În acest exemplu PMIC 300 conține un circuit de încărcare 317 care controlează încărcarea bateriei 250, de exemplu cu energia de la o sursă de energie USB.

PMIC 300 conține un întrerupător integrat VSYS, care configurează PMIC 300 să alimenteze nucleul analogic 310 cu energie de la bateria 250 sau cu energie de la o sursă de energie externă da că

PMIC 300 conține un subsistem de convertor analog-digital (ADC) 318. Implementarea ADC 318 împreună cu oscilatorul 315 în același circuit integrat este unică, dat fiind că nici un alt circuit integrat de pe piața circuitelor integrate nu conține un oscilator și un ADC implementate ca sub-blocuri în circuitul integrat. Într-un dispozitiv convențional, un ADC este disponibil de obicei ca o componentă discretă separată de un oscilator, cu ADC-ul și oscilatorul separate montate pe aceeași PCB. Problema cu acest sistem convențional este aceea că cele două componente separate, ADC și oscilatorul, ocupă loc în mod inutil pe PCB. O altă problemă este aceea că ADC-ul convențional și oscilatorul sunt de obicei conectate între ele printr-o magistrală de transmitere de date serială, cu ar fi magistrala I2C, care are o viteză de comunicare limitată, de doar până la 400 kHz. Spre deosebire de dispozitivele convenționale, PMIC 300 conține ADC 318 și oscilatorul 315 integrate în același circuit integrat, ceea ce elimină orice întârzieri în comunicarea dintre ADC 318 și oscilatorul 315, ceea ce înseamnă că ADC 318 și oscilatorul 315 pot comunica între ele la viteză ridicată, cum ar fi la viteza oscilatorului 315 (de ex. 3 MHz până la 5 MHz).

În PMIC 300 din acest exemplu oscilatorul 315 funcționează la 5 MHz și generează un semnal de ceas SYS CLOCK la 5 MHz. Însă, în alte exemple, oscilatorul 315 generează un semnal de ceas la o frecvență mult mai înaltă, de până la 105 MHz. Circuitele integrate descrise în prezentul document sunt toate configurate să funcționeze la frecvența înaltă a oscilatorului 315.

ADC 318 conține multiple borne de intrare de feedback sau intrări analogice 319 care conțin multiple intrări GPIO (IF_GPIO1-3). Cel puțin una dintre bornele de intrare de feedback sau intrări analogice 319 primește un semnal de feedback de la un circuit al punții-H din puntea IC 301, semnalul de feedback indicând un parametru al funcționării circuitului punții-H sau un semnal de acționare de curent alternativ când circuitul punții-H este un circuit rezonant, cum ar fi traductorul ultrasonic 215, cu semnalul de acționare de curent alternativ. După cum este descris mai jos, intrările GPIO sunt utilizate pentru a primi un semnal de detectare a curentului de la puntea IC 301, care indică valoarea medie pătratică (rms) a curentului raportată de puntea IC 301. În acest exemplu una dintre intrările GPIO este o bornă de intrare de feedback care primește un semnal de feedback de la puntea-H din puntea IC 301.

Subsistemul ADC 318 eșantionează semnale analogice primite la multiplele borne de intrare ADC 319, la o frecvență de eșantionare proporțională cu frecvența semnalului de ceas principal. Apoi subsistemul ADC 318 generează semnale digitale ADC utilizând semnalele analogice eșantionate.

În acest exemplu ADC 318, care este încorporat în PMIC 300, eșantionează nu doar curentul RMS care circulă prin puntea-H 334 și traductorul ultrasonic 215, ci și tensiunile existente în sistem (de ex. VBAT, VCHRG, VBOOST), temperatura PMIC 300, temperatura bateriei 250 și intrările GPIO (IF_GPIO1-3) care permit extensii viitoare.

Nucleul digital 316 primește semnale digitale generate de ADC, de la subsistemul ADC, și procesează semnalele digitale ADC pentru a genera semnalul de control al dispozitivului de acționare. Nucleul digital 316 comunică semnalul de control al dispozitivului de acționare către subsistemul de generare a semnalului PWM (DLL 332) pentru a controla subsistemul de generare a semnalului PWM.

Circuitele de rectificare existente actualmente pe piață au o lățime de bandă extrem de limitată (de obicei mai puțin de 1 MHz). De vreme ce oscilatorul 315 al PMIC 300 funcționează la până la 5 MHz sau chiar până la 105 Mhz, în PMIC 300 este implementat un circuit de rectificare de bandă largă. După cum vom descrie mai jos, detectarea curentului RMS într-o punte-H a punții IC 301 formează o parte a unei bucle de feedback, care permite dispozitivului de acționare 202 să acționeze traductorul ultrasonic 215 cu mare precizie. Bucla de feedback reprezintă un punct de cotitură în industria de acționare a traductoarelor ultrasonice, de vreme ce acceptă orice variație de proces în producția de traductoare piezoelectrice (variații ale frecvențelor de rezonanță) și compensează efectele temperaturii la nivelul frecvenței de rezonanță. Acest lucru se obține, în parte, realizând în mod ingenios integrarea ADC 318, a oscilatorului 315 și a DLL în același circuit integrat al PMIC 300. Această integrare le permite acestor subsisteme să comunice între ele la viteză ridicată (de ex. la frecvența de ceas de 5 MHz sau până la 105 MHz). Reducerea întârzierii dintre aceste subsisteme reprezintă un punct de cotitură în industria echipamentelor ultrasonice, în special în domeniul generatoarelor de ceață.

ADC 318 conține o intrare de monitorizare a tensiunii bateriei VBAT și o intrare de monitorizare a tensiunii de intrare a încărcătorului VCHG, precum și intrări de monitorizare a tensiunii VMON și VRTH, precum și o intrare de monitorizare a temperaturii TEMP.

Intrarea de monitorizare a temperaturii TEMP primește un semnal de temperatură de la senzorul de temperatură 314, care este încorporat în PMIC 300. Acest lucru permite PMIC 300 să detecteze cu acuratețe temperatura efectivă din PMIC 300, astfel încât PMIC 300 poate detecta orice defecțiune din PMIC 300, precum și defecțiuni la alte componente de pe placa de circuite imprimate care afectează temperatura PMIC 300. PMIC 300 poate controla apoi puntea IC 301 pentru a împiedica excitarea traductorului ultrasonic 215 în cazul unei defecțiuni, pentru a menține siguranța nebulizatorului 200.

Intrarea de senzor de temperatură suplimentară VRTH primește un semnal de detectare a temperaturii de la un senzor de temperatură extern din dispozitivul de acționare 202, care monitorizează temperatura bateriei 250. PMIC 300 poate reacționa astfel pentru a opri încărcare bateriei 250 în cazul unei temperaturi ridicate a bateriei sau poate opri dispozitivul de acționare 202 pentru a reduce riscul de deteriorare cauzat de o temperatură excesiv de ridicată a bateriei.

PMIC 300 conține un dispozitiv de acționare 320 a LED-urilor care, în acest exemplu, primește un semnal de acționare digital de la nucleul digital 316 și asigură semnale de ieșire pentru acționare LED către șase LED-uri 321-326, care sunt configurate să fie cuplate la pinii de ieșire ai PMIC 300. Dispozitivul de acționare 320 a LED-urilor poate astfel acționa și regla intensitatea LED-urilor 321 - 326 în până la șase canale independente.

PMIC 300 conține un prim convertor digital-analog (DAC) 327, care convertește semnale digitale din PMIC 300 într-un semnal analog de control al tensiunii, care este emis din PMIC 300 printr-un pin de ieșire VDAC0. Primul DAC 327 convertește un semnal digital de control, generat de nucleul digital 316, într-un semnal analog de control al tensiunii care este emis prin pin-ul de ieșire VDAC0 pentru a controla un circuit de reglare a tensiunii, cum ar fi convertorul ridicător de tensiune 305. Semnalul de control al tensiunii controlează astfel circuitul de reglare a tensiunii pentru a genera o tensiune predeterminată pentru a fi modulată de circuitul punții-H pentru a acționa un circuit rezonant, cum ar fi traductorul ultrasonic 215, ca răspuns la semnale de feedback care indică funcționarea circuitului rezonant (traductorul ultrasonic 215).

În acest exemplu PMIC 300 conține un al doilea DAC 328, care convertește semnale digitale din PMIC 300 într-un semnal analog, care este emis din PMIC 300 printr-un al doilea pin de ieșire analogic VDAC1.

Încorporarea DAC-urilor 327, 328 în același microcip cu celelalte subsisteme ale PMIC 300 permite DAC-urilor 327, 328 să comunice cu nucleul digital 316 și cu alte componente din PMIC 300 la viteză ridicată, fără întârziere sau cu întârziere minimă în comunicare. DAC-urile 327, 328 oferă ieșiri analogice care controlează bucle de feedback externe. De exemplu, primul DAC 327 asigură semnalul de control VCTL pentru convertorul ridicător de tensiune 305 pentru a controla funcționarea convertorului ridicător de tensiune 305. În alte exemple DAC-urile 327, 328 sunt configurate pentru a asigura un semnal de acționare pentru un convertor coborât de tensiune DC-DC în locul sau suplimentar față de convertorul ridicător de tensiune 305. Integrarea a două canale DAC independente în PMIC 300 permite PMIC 300 să manipuleze bucla de feedback a oricărui regulator utilizat în dispozitivul de acționare 202 și permite dispozitivului de acționare 202 să regleze puterea de sonificare a traductorului ultrasonic 215 sau să seteze praguri analogice pentru curentul maxim absolut și setări de temperatură ale traductorului ultrasonic 215.

PMIC 300 conține o interfață de comunicare serială care, în acest exemplu, este o interfață I2C care încorporează adresa I2C externă setată prin pini.

PMIC 300 conține și diverse blocuri funcționale care includ o mașină digitală (FSM) pentru a implementa funcționalitatea microcipului. Aceste blocuri vor fi descrise detaliat mai jos.

Referitor la figura 45 a desenelor însoțitoare, un subsistem 329 de generare a semnalului de modulație a duratei impulsurilor (PWM) este încorporat în PMIC 300. Sistemul 329 de generare PWM conține oscilatorul 315 și divizorul de frecvență 330, un multiplexor 331 și o buclă cu calare pe întârziere (DLL) 332. După cum vom descrie mai jos, sistemul 329 de generare PWM este un generator PWM aliniat la centru cu două faze.

Divizorul de frecvență 330, multiplexorul 331 și DLL 332 sunt implementate în componente logice digitale (de ex. tranzistori, porți logice etc.) în nucleul digital 316.

În exemple ale acestei prezentări, gama de frecvențe acoperită de oscilatorul 315 și, respectiv, de sistemul 329 de generare PWM este de 50 kHz până la 5 MHz sau până la 105 MHz. Precizia frecvenței sistemului 329 de generare PWM este $\pm 1\%$ iar dispersia pe temperatură este $\pm 1\%$. Pe piața actuală a IC, nici un IC nu înglobează un oscilator și un generator PWM aliniat la centru cu două faze care pot asigura o gamă de frecvențe de 50 kHz până la 5 MHz sau până la 105 MHz.

Oscilatorul 315 generează un semnal de ceas principal (clk_m) cu o frecvență de 50 kHz până la 5 MHz sau până la 105 MHz. Ceasul principal clk_m reprezintă semnal de intrare pentru divizorul de frecvență 330 care împarte frecvența ceasului principal clk_m cu unul sau mai mulți divizori

predeterminați. În acest exemplu, divizorul de frecvență 330 împarte frecvența ceasului principal clk_m cu 2, 4, 8 și 16 și asigură ceasurile cu frecvență împărțită ca semnale de ieșire pentru multiplexorul 331. Multiplexorul 331 multiplexează ceasurile cu frecvență împărțită și asigură un semnal de ieșire cu frecvență împărțită pentru DLL 332. Semnalul transmis către DLL 332 este un semnal de referință pentru frecvență, care controlează DLL 332 pentru a emite semnale la o frecvență dorită. În alte exemple, divizorul de frecvență 330 și multiplexorul 331 sunt omise.

Oscilatorul 315 generează de asemenea două faze; un semnal de ceas de primă fază, Faza 1, și un al doilea semnal de ceas de a doua fază, Faza 2. Fazele semnalului de ceas de primă fază și ale semnalului de ceas de a doua fază sunt aliniate la centru. După cum se ilustrează în figura 46:

- Semnalul de ceas de primă fază, Faza 1, este ridicat pentru un interval de timp variabil din jumătatea de perioadă pozitivă a clk_m și scăzut în timpul jumătății de perioadă negativă a clk_m .

- Semnalul de ceas de a doua fază, Faza 2, este ridicat pentru un interval de timp variabil din jumătatea de perioadă negativă a clk_m și scăzut în timpul jumătății de perioadă pozitive a clk_m .

Faza 1 și Faza 2 sunt transmise apoi către DLL 332 care generează un semnal de ceas cu dublă frecvență utilizând semnalul de ceas de primă fază, Faza 1, și semnalul de ceas de a doua fază, Faza 2. Semnalul de ceas cu dublă frecvență este dublul frecvenței semnalului de ceas principal clk_m . În acest exemplu, o poartă „OR” din DLL 332 generează un semnal de ceas cu dublă frecvență utilizând semnalul de ceas de primă fază, Faza 1, și semnalul de ceas de a doua fază, Faza 2. Acest ceas cu dublă frecvență sau frecvență împărțită venită de la divizorul de frecvență 330 sunt selectate pe baza unei frecvențe țintă selectate și apoi utilizate ca referință pentru DLL 332.

În DLL 332 un semnal, denumit în continuare ceas, reprezintă ceasul principal clk_m înmulțit cu 2, în vreme ce un semnal, denumit în continuare „clock_del” este o replică a ceasului, temporizat cu o perioadă a frecvenței. Ceas și clock_del sunt trecute printr-un detector de frecvență a fazei. Un nod Vc este apoi încărcat sau descărcat de o pompă de încărcare, în funcție de polaritatea erorii de fază. O tensiune de comandă este alimentată direct pentru a controla întârzierea fiecărei unități de temporizare în parte din DLL 332, până când temporizarea totală a DLL 332 este exact o perioadă.

DLL 332 controlează tranziția ascendentă a semnalului de ceas de primă fază, Faza 1, și a semnalului de ceas de a doua fază, Faza 2, pentru a fi sincronă cu tranziția ascendentă a semnalului de ceas cu dublă frecvență. DLL 332 ajustează frecvența și factorul de umplere al semnalului de ceas de primă fază, Faza 1, și a semnalului de ceas de a doua fază, Faza 2, ca răspuns la un semnal de referință pentru frecvență și un semnal de control al factorului de umplere, pentru a produce un semnal de ieșire de primă fază, Faza A, și un semnal de ieșire de a doua fază, Faza B, pentru a acționa o punte-H sau un invertor pentru generarea unui semnal de acționare de curent alternativ pentru acționarea unui traductor ultrasonic.

PMIC 300 conține o bornă pentru semnal de ieșire de primă fază, FAZA_A, care emite semnalul de ieșire de primă fază, Faza A, către un circuit al punții-H și o bornă pentru semnal de ieșire de a doua fază, FAZA_B, care emite semnalul de ieșire de a doua fază, Faza B, către un circuit al punții-H.

În acest exemplu, DLL 332 ajustează factorul de umplere al semnalului de ceas de primă fază, Faza 1, și a semnalului de ceas de a doua fază, Faza 2, ca răspuns la semnalul de control al factorului de umplere prin varierea întârzierii fiecărei linii de întârziere din răspunsul DLL 332 la semnalul de control al factorului de umplere.

Ceasul este utilizat la dublul frecvenței sale deoarece acest lucru garantează o precizie mai bună. După cum se arată în figura 47, în scop explicativ dacă este utilizată frecvența ceasului principal clk_m (ceea ce nu se întâmplă în exemplele acestei prezentări), Faza A este sincronă cu tranziția ascendentă R a ceasului, în timp ce Faza B este sincronă cu tranziția ascendentă F a ceasului. Linia de întârziere a DLL 332 controlează tranziția ascendentă R și astfel, pentru tranziția descendentă F, sistemul 329 de generare PWM ar trebui să se bazeze pe o potrivire perfectă a unităților de întârziere ale DLL 332, care poate fi imperfectă. Însă, pentru eliminarea acestei erori, sistemul 329 de generare PWM utilizează ceasul cu dublă frecvență, astfel încât atât Faza A cât și Faza B sunt sincrone cu tranziția ascendentă R a ceasului cu dublă frecvență.

Pentru a realiza un factor de umplere de la 20% la 50% cu o mărime a pasului de 2%, linia de întârziere a DLL 332 conține 25 de unități de întârziere, cu semnalul de ieșire al fiecărei unități de întârziere reprezentând o fază nth. În cele din urmă, faza semnalului de ieșire al unității de întârziere finale va corespunde cu ceasul de intrare. Având în vedere că toate întârzierile vor fi aproape identice, un anumit factor de umplere este obținut cu semnalul de ieșire al unității de întârziere specifice cu logică simplă în nucleul digital 316.

Este important să se aibă grijă de DLL 332 la pornire, dat fiind că DLL 332 este posibil să nu reușească să fixeze o perioadă de întârziere, ci două sau mai multe perioade, ducând DLL 332 într-o zonă de non-convergență. Pentru a evita această problemă, este implementat un circuit de pornire în sistemul

329 de generare PWM, care permite DLL 332 să pornească de la o situație cunoscută și deterministă. În plus, circuitul de pornire permite DLL 332 să pornească cu o întârziere minimă.

În exemple ale acestei prezentări, gama de frecvențe acoperite de sistemul 329 de generare PWM este extinsă, astfel încât unitățile de întârziere din DLL 332 pot asigura întârzieri de 4 ns (pentru o frecvență a oscilatorului de 5 MHz) până la 400 ns (pentru o frecvență a oscilatorului de 50 kHz). Pentru adaptarea la aceste întârzieri diferite, condensatorii Cb sunt incluși în sistemul 329 de generare PWM, valoarea condensatorului fiind selectată pentru a asigura întârzierea necesară.

Faza A și Faza B sunt emise de DLL 332 și trecute printr-un IO digital către puntea IC 301, astfel încât Faza A și Faza B pot fi utilizate pentru a controla funcționarea punții IC 301.

Acum va fi descrisă mai detaliat funcția de încărcare a bateriei a dispozitivului de acționare 202. Subsistemul de încărcare a bateriei conține circuitul de încărcare 317, care este încorporat în PMIC 300 și controlat de un controler de încărcare digital, aflat în PMIC 300. Circuitul de încărcare 317 este controlat de microcontrolerul 303 prin magistrala de comunicare 302. Subsistemul de încărcare a bateriei este capabil să încarce o baterie litiu-polimer (LiPo) sau litiu-ion (Li-ion) cu o singură celulă, cum ar fi bateria 250 descrisă mai sus.

În acest exemplu, subsistemul de încărcare a bateriei este capabil să încarce o baterie sau baterii cu un curent de încărcare de până la 1A de la o sursă de alimentare de 5V (de ex. o sursă de alimentare USB). Unul sau mai mulți dintre următorii parametri pot fi programați prin intermediul magistralei de comunicare 302 (interfață I2C) pentru adaptarea parametrilor de încărcare pentru baterie:

- Tensiunea de încărcare poate fi setată între 3.9V și 4.3V în pași de 100mV.
- Curentul de încărcare poate fi setat între 150 mA și 1000mA în pași de 50mA.
- Curentul de pre-încărcare este 1/10 din curentul de încărcare.
- Se pot seta timpi de timeout pentru pre-încărcare și încărcare rapidă între 5 și 85 min respectiv 20 și 340 min.

- Opțional, poate fi utilizat un termistor extern cu coeficient negativ de temperatură (NTC) pentru a monitoriza temperatura bateriei.

În unele exemple, subsistemul de încărcare a bateriei raportează unul sau mai multe dintre următoarele evenimente prin inducerea unei întreruperi către microcontrolerul gazdă 303:

- Baterie detectată
- Baterie în curs de încărcare
- Bateria este complet încărcată
- Bateria nu este prezentă
- Timp de timeout încărcare atins
- Alimentarea pentru încărcare este sub limita de minimă tensiune

Principalul avantaj în a avea circuitul de încărcare 317 încorporat în PMIC 300 este faptul că permite ca toate opțiunile de programare și indicațiile privind evenimentele listate să fie implementate în PMIC 300, ceea ce garantează funcționarea în siguranță a subsistemului de încărcare a bateriei. În plus, se poate obține o economie semnificativă de costuri de fabricație și de spațiu pe PCB, în comparație cu nebulizatoare convenționale care includ componente discrete ale unui sistem de încărcare montat separat pe o PCB. Astfel, circuitul de încărcare 317 permite setarea extrem de versatilă a curentului și tensiunii de încărcare, timpi de timeout diferiți pentru erori și numeroase indici de eveniment pentru analiză detaliată a stării.

Acum va fi descris mai detaliat convertorul analog-digital (ADC) 318. Inventatori au avut de depășit provocări tehnice semnificative pentru a integra ADC 318 în PMIC 300 cu oscilatorul de mare viteză 315. În plus, integrarea ADC 318 în PMIC 300 contravine abordării convenționale, care se bazează pe utilizarea unuia dintre multiplele dispozitive ADC discrete disponibile pe piața IC.

În acest exemplu, ADC 318 eșantionează cel puțin un parametru din cipul de acționare a traductorului ultrasonic (PMIC 300) la o rată de eșantionare egală cu frecvența semnalului de ceas principal clk_m. În acest exemplu, ADC 318 este un convertor analog-digital pe 10 biți, capabil să degrezeze microprocesorul 303 de eșantionarea digitală pentru a economisi resursele microprocesorului 303. De asemenea, integrarea ADC 318 în PMIC 300 evită nevoia de a utiliza o magistrală I2C, care ar încetini capacitatea de eșantionare a ADC (un dispozitiv convențional se bazează pe o magistrală I2C pentru a comunica date între un ADC discret dedicat și un microcontroler la o viteză de ceas limitată, în mod tipic, de până la 400 kHz).

În exemple ale acestei prezentări, unul sau mai mulți dintre următorii parametri pot fi eșantionați succesiv de ADC 318:

- i. Un semnal de curent rms care este primit la cipul de acționare a traductorului ultrasonic (PMIC 300) de la un circuit de inverter extern care acționează un traductor ultrasonic. În acest exemplu, acest parametru este valoarea medie pătratică (rms) a curentului raportată de puntea IC 301. Detectarea

curentului rms este importantă pentru implementarea buclei de feedback utilizată pentru acționarea traductorului ultrasonic 215. ADC 318 este capabil să detecteze curentul rms direct de la puntea IC 301 prin intermediul unui semnal fără întârziere sau cu întârziere minimă, de vreme ce ADC 318 nu se bazează pe transmiterea acestei informații prin intermediul unei magistrale I2C. Acest lucru asigură un beneficiu semnificativ în ceea ce privește viteza și precizia față de dispozitivele convenționale, care sunt constrânse de vitezele comparativ mai reduse ale unei magistrale I2C.

ii. Tensiunea unei baterii conectate la PMIC 300.

iii. Tensiunea unui încărcător conectat la PMIC 300.

iv. Un semnal de temperatură, cum ar fi un semnal de temperatură care indică temperatura cipului PMIC 300. După cum am descris mai sus, această temperatură poate fi măsurată foarte precis datorită asamblării senzorului de temperatură 314 în același IC cu oscilatorul 315. De exemplu, dacă temperatura PMIC 300 crește, curentul, frecvența și PWM sunt reglate de PMIC 300 pentru a controla oscilația traductorului, care, la rândul său, controlează temperatura.

v. Doi pini externi.

vi. Senzor de temperatură NTC extern pentru monitorizarea temperaturii bateriei.

În unele exemple, ADC 318 eșantionează succesiv una sau mai multe dintre sursele menționate mai sus, de ex. într-o schemă circulară. ADC 318 eșantionează sursele la viteză ridicată, cum ar fi viteza oscilatorului 315, care poate fi de până la 5 MHz sau până la 105 MHz.

În unele exemple, dispozitivul 202 este configurat astfel încât un utilizator sau producătorul dispozitivului poate specifica numărul de eșantioane care vor fi prelevate din fiecare sursă pentru obținerea mediei. De exemplu, un utilizator poate configura sistemul pentru a preleva 512 eșantioane din curentul de intrare rms, 64 eșantioane din tensiunea bateriei, 64 din tensiunea de intrare a încărcătorului, 32 eșantioane de la pinii externi și 8 de la pinul NTC. În plus, utilizatorul poate specifica și dacă dorește ignorarea uneia dintre sursele menționate mai sus.

În unele exemple, utilizatorul poate specifica pentru fiecare sursă două praguri digitale, care împart întreaga plajă în mai multe zone, cum ar fi 3 zone. Ulterior, utilizatorul poate seta sistemul pentru a induce o întrerupere când valoarea eșantionată schimbă zonele, de ex. dintr-o zonă 2 într-o zonă 3.

Nici un IC convențional, disponibil actualmente pe piață, nu poate realiza funcțiile de mai sus ale PMIC 300. Eșantionarea cu o astfel de flexibilitate și granularitate este de primă importanță atunci când este vorba de acționarea unui circuit sau a unei componente rezonante, cum ar fi un traductor ultrasonic.

În acest exemplu, PMIC 300 conține un port digital de intrare/ieșire de uz general (GPIO) de 8 biți. Fiecare port poate fi configurat ca intrare digitală și ca ieșire digitală. Unele porturi au o funcție de intrare analogică, după cum se arată în tabelul din figura 48.

Porturile GPIO7-GPIO5 ale PMIC 300 pot fi utilizate pentru a seta adresa dispozitivului pe magistrala de comunicare (I2C) 302. Astfel, opt dispozitive identice pot fi utilizate pe aceeași magistrală I2C. Aceasta este o caracteristică unică în industria IC, permițând utilizarea a opt dispozitive identice pe aceeași magistrală I2C fără conflict de adrese. Implementarea se realizează prin citirea de către fiecare dispozitiv a stării GPIO7-GPIO5 în decursul primelor 100 μs după pornirea PMIC 300 și stocarea acelei secțiuni a adresei la nivel intern în PMIC 300. După ce PMIC 300 a pornit, toate GPIO pot fi utilizate pentru orice alt scop.

După cum am descris mai sus, PMIC 300 conține un dispozitiv de acționare 320 a LED-urilor cu șase canale. În acest exemplu, dispozitivul de acționare 320 a LED-urilor conține surse de curent cu semiconductor cu oxid de metal cu canal negativ (NMOS), care sunt tolerante la 5V. Dispozitivul de acționare 320 a LED-urilor este configurat pentru a seta curentul pentru LED în patru niveluri discrete; 5mA, 10mA, 15mA și 20mA. Dispozitivul de acționare 320 a LED-urilor este configurat pentru a regla intensitatea luminoasă a fiecărui canal LED cu un semnal PWM de 12 bit, fie cu sau fără corecție gama. Dispozitivul de acționare 320 a LED-urilor este configurat pentru a varia frecvența PWM de la 300 Hz la 1,5 KHz. Aceasta este o caracteristică unică în domeniul nebulizatoarelor, dat fiind că funcția este încorporată ca un subsistem al PMIC 300.

În acest exemplu, PMIC 300 conține două convertoare digital-analog (DAC) independente de 6 bit, 327 și 328, care sunt încorporate în PMIC 300. Scopul DAC-urilor 327 și 328 este de a emite o tensiune analogică pentru a manipula calea de feedback a unui regulator extern (de ex. convertorul ridicător de tensiune DC-DC 305, un convertor coborât de tensiune sau un LDO). În plus, în unele exemple, DAC-urile 327, 328 pot fi utilizate și pentru ajustarea dinamică a nivelului de oprire la supracurent a punții IC 301, după cum se descrie mai jos.

Tensiunea de ieșire a fiecărui DAC 327, 328 este programabilă între 0V și 1.5V sau între 0V și V_{baterie} (V_{bat}). În acest exemplu, controlul tensiunii de ieșire a DAC-ului se realizează prin intermediul comenzilor I2C. Încorporarea a două DAC-uri în PMIC 300 este un fapt unic și va permite controlul de monitorizare dinamic al curentului. Dacă oricare dintre DAC-urile 327, 328 ar fi un cip extern, viteza ar fi

afectată de aceleași restricții privind limitarea vitezei din cauza protocolului I2C. Sistemul de monitorizare a puterii active al dispozitivului 202 funcționează cu eficiență optimă dacă toate aceste funcții încorporate se află în PMIC. Dacă ele ar fi componente externe, sistemul de monitorizare a puterii active ar fi complet ineficient.

Referitor la figura 43 a desenelor însoțitoare, puntea IC 301 este un microcip care conține un circuit de comutare a puterii încorporat 333. În acest exemplu, circuitul de comutare a puterii încorporat 333 este o punte-H 334 care apare în figura 50 și care este descris în detaliu mai jos. Trebuie însă notat că puntea IC 301 din alte exemple poate încorpora un circuit de comutare a puterii alternativ în puntea-H 334, cu condiția ca circuitul de comutare a puterii să execute o funcție echivalentă pentru generarea unui semnal de acționare de curent alternativ pentru acționarea traductorului ultrasonic 215.

Puntea IC 301 conține o bornă de primă fază, FAZA A, care primește un semnal de ieșire de primă fază, Faza A, de la subsistemul de generare a semnalului PWM al PMIC 300. Puntea IC 301 conține și o bornă de a doua fază, FAZA B, care primește un semnal de ieșire de a doua fază, Faza B, de la subsistemul de generare a semnalului PWM al PMIC 300.

Puntea 301 conține un circuit de detectare a curentului 335, care detectează în mod direct fluxul de curent în puntea-H 334 și asigură un semnal de ieșire de curent RMS prin intermediul pinului RMS_CURR al punții IC 301. Circuitul de detectare a curentului 335 este configurat pentru monitorizarea supracurentului, pentru a detecta când curentul care pătrunde în puntea-H 334 depășește un prag predeterminat. Integrarea circuitului de comutare a puterii 333 conținând puntea-H 334 și circuitul de detectare a curentului 335 în același circuit încorporat al punții IC 301 reprezintă o combinație unică pe piața IC. Actualmente nici un alt circuit integrat de pe piața IC nu conține o punte-H cu circuite încorporate pentru detectarea curentului RMS care trece prin puntea-H.

Puntea IC 301 conține un senzor de temperatură 336, care include monitorizarea temperaturii excesive. Senzorul de temperatură 336 este configurat pentru a opri puntea IC 301 sau pentru a dezactiva ce puțin o parte a punții IC 336 în cazul în care senzorul de temperatură 336 detectează că puntea IC 301 funcționează la o temperatură situată peste un prag predeterminat. Astfel, senzorul de temperatură 336 oferă o funcție de siguranță integrată, care previne deteriorarea punții IC 301 sau a altor componente din dispozitivul de acționare 202 în cazul în care puntea IC 301 funcționează la o temperatură excesiv de ridicată.

Puntea IC 301 conține o mașină de stare digitală 337, care este conectată integral la circuitul de comutare a puterii 333. Mașina de stare digitală 337 primește semnalele de fază A și fază B de la PMIC 300 și un semnal de ACTIVARE de exemplu de la microcontrolerul 303. Mașina de stare digitală 337 generează semnale de sincronizare bazate pe semnalul de ieșire de primă fază, Faza A, și semnalul de ieșire de a doua fază, Faza B.

Mașina de stare digitală 337 emite semnale de sincronizare care corespund fazei A și fazei B, precum și un semnal BRIDGE_PR și un semnal BRIDGE_EN către circuitul de comutare a puterii 333 pentru a controla circuitul de comutare a puterii 333. Mașina de stare digitală 337 emite astfel semnalele de sincronizare către întrerupătoarele T₁-T₄ ale circuitului punții-H 334 pentru a controla întrerupătoarele T₁-T₄ să se deschidă și să se închidă într-o secvență astfel încât circuitul punții-H să emită un semnal de acționare de curent alternativ pentru acționarea unui circuit rezonant, cum ar fi traductorul ultrasonic 215.

După cum se descrie detaliat mai jos, secvența de comutare conține o perioadă liberă în care primul întrerupător T₁ și al doilea întrerupător T₂ sunt închise iar al treilea întrerupător T₃ și al patrulea întrerupător T₄ sunt deschise pentru a disipa energia stocată de circuitul rezonant (traductorul ultrasonic 215).

Puntea IC 301 conține un controler de test 338 care permite testarea punții IC 301 pentru a determina dacă componentele încorporate în puntea IC 301 funcționează corect. Controlerul de test 338 este cuplat la pinii TEST_DATA, TEST_CLK și TEST_LOAD, astfel încât puntea IC 301 poate fi conectată la un dispozitiv de control extern care alimentează date în și din puntea IC 301 pentru a testa funcționarea punții IC 301. Puntea IC 301 conține și o MAGISTRALĂ TEST, care permite testarea magistralei de comunicare din puntea IC 301 prin intermediul unui pin TST_PAD.

Puntea IC 301 conține un circuit de resetare la cuplarea tensiunii de alimentare (POR) 339, care controlează procesul de pornire al punții IC 301. POR 339 face ca puntea IC 301 să pornească în mod corespunzător doar dacă tensiunea de alimentare se situează într-un domeniu predeterminat. Dacă tensiunea de alimentare se situează în afara domeniului predeterminat, de ex. dacă tensiunea de alimentare este prea ridicată, POR 339 întârzie pornirea punții IC 301 până când tensiunea de alimentare se situează în domeniul predeterminat.

Puntea IC 301 conține un bloc de referință (BG) 340 care asigură o tensiune de referință precisă pentru a fi utilizată de celelalte subsisteme ale punții IC 301.

Puntea IC 301 conține o referință de curent 341 care asigură un curent precis pentru circuitul de comutare a puterii 333 și/sau alte subsisteme din puntea IC 301, cum ar fi senzorul de curent 335.

Senzorul de temperatură 336 monitorizează în mod continuu temperatura siliconului punții IC 301. Dacă temperatura depășește un prag de temperatură predeterminat, circuitul de comutare a puterii 333 este oprit automat. În plus, temperatura excesivă poate fi raportată către o gazdă externă pentru a informa gazda externă că a intervenit un eveniment care implică temperatura excesivă.

Mașina de stare digitală (FSM) 337 generează semnalele de sincronizare pentru circuitul de comutare a puterii 333 care, în acest exemplu, sunt semnale de sincronizare pentru controlul punții-H 334.

Puntea IC 301 conține comparatori 342,343 care compară semnale de la diverse subsisteme ale punții IC 301 cu referințele de tensiune și curent 340,341 și oferă semnale de ieșire de referință prin intermediul pinilor punții IC 301.

Referindu-ne din nou la figura 50 a desenelor însoțitoare, puntea-H din acest exemplu conține patru întrerupătoare sub formă de întrerupătoare cu tranzistoare cu efect de câmp (FET) NMOS pe ambele laturi ale punții-H 334. Puntea-H 334 conține patru întrerupătoare sau tranzistori T_1 - T_4 care sunt conectate într-o configurație punte-H, cu fiecare tranzistor T_1 - T_4 fiind acționat de o intrare logică corespunzătoare A-D. Tranzistorii T_1 - T_4 sunt configurați pentru a fi acționați de o tensiune amplificată prin tehnica bootstrap, care este generată intern cu doi condensatori externi care sunt conectați după cum se ilustrează în figura 50.

Puntea-H 334 conține diverse intrări și ieșiri de putere, care sunt conectate la pinii corespunzători ai punții IC 301. Puntea-H 334 primește tensiunea programabilă VBOOST care este emisă de convertorul ridicător de tensiune 305 prin intermediul unei prime borne de alimentare, notată VBOOST în figura 50. Puntea-H 334 conține o a doua bornă de alimentare, notată VSS_P în figura 50.

Puntea-H 334 conține ieșirile OUTP, OUTN care sunt configurate să se conecteze la bornele corespunzătoare ale traductorului ultrasonic 215, astfel încât semnalul de acționare de curent alternativ emis de la puntea-H 334 să poată acționa traductorul ultrasonic 215.

Comutarea celor patru întrerupătoare sau tranzistori T_1 - T_4 este controlată de semnale de comutare de la mașina de stare digitală 337 prin intermediul intrării logice A-D. Trebuie notat că, în vreme ce figura 50 prezintă patru tranzistori T_1 - T_4 , în alte exemple puntea-H 334 încorporează un număr mai mare de tranzistori sau alte componente de comutare pentru a implementa funcționalitatea punții-H.

În acest exemplu, puntea-H 334 funcționează la o putere de comutare de 22 W până la 50 W pentru a furniza un semnal de acționare de curent alternativ cu suficientă putere pentru a acționa traductorul ultrasonic 215 pentru ca acesta să genereze ceață în mod optim. Tensiunea care este comutată de puntea-H 334 în acest exemplu este ± 15 V. În alte exemple tensiunea este ± 20 V.

În acest exemplu, puntea-H 334 comută la o frecvență de 3 MHz până la 5 MHz sau până la 105 MHz. Aceasta este o viteză de comutare ridicată, comparat cu punțile H cu circuite integrate convenționale, disponibile pe piața IC. De exemplu, o punte-H cu circuite integrate convenționale, disponibilă actualmente pe piața IC, este configurată să funcționeze la o frecvență maximă de doar 2 MHz. În afară de puntea IC 301 descrisă în prezentul document, nici o punte-H cu circuite integrate convenționale disponibilă pe piața IC nu poate funcționa la o putere de 22 V până la 50 V la o frecvență de până la 5 MHz, cu atât mai puțin până la 105 MHz.

Referitor la figura 51 a desenelor însoțitoare, senzorul de curent 335 conține rezistori de detectare a curentului de sarcină pozitivă și negativă RshuntP, RshuntN care sunt conectați în serie cu latura corespunzătoare de sus și de jos a punții-H 334, după cum se arată în figura 50. Rezistorii de detectare a curentului RshuntP, RshuntN sunt rezistori de valoare redusă care, în acest exemplu, sunt $0.1 \square \square$. Senzorul de curent 335 conține un prim senzor de tensiune sub forma unui prim amplificator operațional 344, care măsoară căderea de tensiune la primul rezistor de detectare a curentului RshuntP și un al doilea senzor de tensiune sub forma unui al doilea amplificator operațional 345, care măsoară căderea de tensiune la al doilea rezistor de detectare a curentului RshuntN. În acest exemplu, câștigul fiecărui amplificator operațional 344, 345 este 2V/V. Ieșirea pentru fiecare amplificator operațional 344, 345 este, în acest exemplu, 1mA/V. Senzorul de curent 335 conține o rezistență de coborâre R_{cs} care, în acest exemplu, este $2k \square$. Ieșirile amplificatoarelor operaționale 344, 345 furnizează un semnal de ieșire CSout care trece printr-un filtru trece-jos 346 care elimină tranziții din semnalul CSout. O ieșire Vout a filtrului trece-jos 346 este semnalul de ieșire al senzorului de curent 335.

Astfel, senzorul de curent 335 măsoară curentul alternativ care trece prin puntea-H 334 și, respectiv, prin traductorul ultrasonic 215. Senzorul de curent 335 convertește curentul alternativ într-o tensiune de ieșire RMS echivalentă (Vout) în raport cu împământarea. Senzorul de curent 335 are o capacitate de lățime de bandă largă, dat fiind că puntea-H 334 poate funcționa la o frecvență de până la 5 MHz sau, în unele exemple, până la 105 MHz. Ieșirea Vout a senzorului de curent 335 raportează o tensiune pozitivă care este echivalentă curentului alternativ rms măsurat care trece prin traductorul

ultrasonic 215. Tensiunea de ieșire Vout a senzorului de curent 335 este, în acest exemplu, alimentată înapoi în circuitele de control din puntea IC 301 pentru a permite punții IC 301 să oprească puntea-H 334 în cazul în care curentul care trece prin puntea-H 334 și, în consecință, prin traductorul 215 depășește un prag predeterminat. În plus, evenimentul privind pragul de supracurent este raportat către primul comparator 342 din puntea IC 301, astfel încât puntea IC 301 poate raporta evenimentul privind supracurentul prin intermediul pinului OVC_TRIGG al punții IC 301.

Referitor la figura 52 a desenelor însoțitoare, va fi descris acum controlul punții 334 cu referire și la modelul piezoelectric echivalent al traductorului ultrasonic 215.

Pentru a dezvolta o tensiune pozitivă la ieșirile OUTP, OUTN ale punții-H 334 așa cum indică V_{out} în figura 52 (a se observa direcția săgeții) secvența de comutare a tranzistorilor T₁-T₄ prin intermediul intrărilor A-D este următoarea:

1. Tensiune de ieșire pozitivă la traductorul ultrasonic 215: A-ON, B- OFF, C-OFF, D-ON
2. Tranziție de la tensiune de ieșire pozitivă la zero: A-OFF, B-OFF, C-OFF, D-ON. Pe parcursul acestei tranziții, C este oprit mai întâi pentru a minimiza sau evita pierderea de putere prin minimizarea sau evitarea trecerii curentului prin A și C în cazul unei erori de comutare sau întârzieri în A.

3. Tensiune de ieșire zero: A-OFF, B-OFF, C-ON, D-ON. Pe parcursul acestei faze de tensiune de ieșire zero, bornele ieșirilor OUTP, OUTN ale punții-H 334 sunt legate la masă de întrerupătoarele C și D care rămân active. Astfel este disipată energia stocată de condensatori în circuitul echivalent al traductorului ultrasonic, ceea ce minimizează supracreșterea tensiunii formei de undă de comutare care este aplicată traductorului ultrasonic.

4. Tranziție de la zero la tensiune de ieșire negativă: A-OFF, B-OFF, C-ON, D-OFF.
5. Tensiune de ieșire negativă la traductorul ultrasonic 215: A-OFF, B- ON, C-ON, D-OFF

La frecvențe ridicate de până la 5 MHz sau chiar până la 105 MHz, se va aprecia că timpul pentru fiecare parte a secvenței de comutare este foarte scurt, de ordinul nanosecundelor sau al picosecundelor. De exemplu, la o frecvență de comutare de 6 MHz, fiecare parte a secvenței de comutare apare la aproximativ 80 ns.

Un grafic care arată tensiunea de ieșire OUTP, OUTN a punții-H 334 în conformitate cu secvența de comutare de mai sus este prezentat în figura 53 a desenelor însoțitoare. Secțiunea de tensiune de ieșire zero a secvenței de comutare este inclusă pentru adaptarea la energia stocată de traductorul ultrasonic 215 (de ex. energia stocată de condensatori în circuitul echivalent al traductorului ultrasonic). După cum am descris mai sus, astfel se minimizează supracreșterea tensiunii formei de undă de comutare care este aplicată traductorului ultrasonic și, în consecință, se minimizează disiparea inutilă a puterii și încălzirea în traductorul ultrasonic.

Minimizarea sau eliminarea supracreșterii tensiunii reduce și riscul de deteriorare a tranzistorilor din puntea IC 301 prin împiedicarea expunerii tranzistorilor la tensiuni care depășesc tensiunea lor nominală. În plus, minimizarea sau eliminarea supracreșterii tensiunii îi permite punții IC 301 să acționeze cu precizie traductorul ultrasonic într-un mod care minimizează dereglările buclei de feedback pentru detectarea curentului descrisă aici. În consecință, puntea IC 301 este capabilă să acționeze traductorul ultrasonic la o putere ridicată de 22 W până la 50 W sau chiar până la 70 W la o frecvență ridicată de până la 5 MHz sau chiar până la 105 MHz.

Puntea IC 301 din acest exemplu este configurată pentru a fi controlată de PMIC 300 ca să funcționeze în două moduri diferite, denumite în continuare mod forțat și mod cu frecvență nativă. Aceste două moduri de funcționare sunt noi în raport cu punțile IC existente. În special, modul cu frecvență nativă este o inovație majoră care oferă beneficii substanțiale privind precizia și eficiența acționării unui traductor ultrasonic în comparație cu dispozitivele convenționale.

Mod cu frecvență forțată (FFM)

În modul cu frecvență forțată puntea-H 334 este controlată în secvența descrisă mai sus, însă la o frecvență selectabilă de utilizator. În consecință, tranzistorii punții-H T₁-T₄ sunt controlați în mod forțat indiferent de frecvența de rezonanță inerentă a traductorului ultrasonic 215 pentru a comuta tensiunea de ieșire la traductorul ultrasonic 215. Ca urmare, modul cu frecvență forțată permite punții-H 334 să acționeze traductorul ultrasonic 215, care are o frecvență de rezonanță f₁, la o frecvență diferită f₂.

Acționarea traductorului ultrasonic la o frecvență diferită de frecvența sa de rezonanță poate fi convenabilă pentru a adapta funcționarea în funcție de diferite aplicații. De exemplu, poate fi convenabilă acționarea unui traductor ultrasonic la o frecvență ușor diferită de frecvența de rezonanță (din considerente mecanice, pentru a preveni deteriorarea mecanică a traductorului). Alternativ, poate fi convenabilă acționarea traductorului ultrasonic la o frecvență joasă dar traductorul ultrasonic are, din cauza dimensiunii sale, o frecvență de rezonanță nativă diferită.

Dispozitivul de acționare 202 controlează puntea IC 301 pentru a controla traductorul ultrasonic 215 în modul cu frecvență forțată ca răspuns la configurarea dispozitivului de acționare 202 pentru o anumită aplicație sau un anumit traductor ultrasonic. De exemplu, dispozitivul de acționare 202 poate fi configurat pentru a funcționa în modul cu frecvență forțată când nebulizatorul 200 este utilizat pentru o anumită aplicație, cum ar fi generarea de ceață dintr-un lichid cu o anumită viscozitate care conține nicotină pentru a fi administrată unui pacient.

Mod cu frecvență nativă (NFM)

Următorul mod de funcționare cu frecvență nativă reprezintă o evoluție semnificativă și oferă beneficii de îmbunătățire a preciziei și eficienței în comparație cu dispozitivele de acționare ultrasonice convenționale, disponibile actualmente pe piața IC.

Modul de funcționare cu frecvență nativă urmează aceeași secvență de comutare descrisă mai sus, dar sincronizarea secțiunii cu ieșire a secțiunii este ajustată pentru a minimiza sau evita problemele care pot apărea din cauza vârfurilor de curent din modul de funcționare cu frecvență forțată. Aceste vârfuri de curent apar când tensiunea la traductorul ultrasonic 215 este comutată la polaritatea opusă. Un traductor ultrasonic care conține un cristal piezoelectric are un circuit electric echivalent care încorporează un condensator conectat paralel (de ex. a se vedea modelul piezo din figura 52). Dacă tensiunea la traductorul ultrasonic este comutată direct de la tensiune pozitivă la tensiune negativă, din cauza dV/dt ridicat poate exista un flux mare de curent în vreme ce energia stocată în condensator se disipă.

Modul cu frecvență nativă evită comutarea directă a tensiunii la traductorul ultrasonic 215 de la tensiune pozitivă la tensiune negativă (și invers). În schimb, înainte de aplicarea tensiunii inversate, traductorul ultrasonic 215 (cristal piezoelectric) este lăsat liber cu zero tensiune aplicată la bornele acestuia pe parcursul unei perioade libere. PMIC 300 setează frecvența de acționare a punții IC 301 în așa fel încât puntea 334 setează perioada liberă astfel încât fluxul de curent din interiorul traductorului ultrasonic 215 (din cauza energiei stocate în cristalul piezoelectric) inversează tensiunea la bornele traductorului ultrasonic 215 în timpul perioadei libere.

În consecință, când puntea-H 334 aplică tensiunea negativă la bornele traductorului ultrasonic 215 traductorul ultrasonic 215 (condensatorul în circuitul echivalent) a fost deja inversat și nu apar vârfuri de curent deoarece dV/dt nu este ridicat.

Trebuie însă notat că este necesar un anumit timp pentru constituirea încărcării în interiorul traductorului ultrasonic 215 (cristal piezoelectric) când traductorul ultrasonic 215 este activat pentru prima oară. Ca urmare, situația ideală în care energia din traductorul ultrasonic 215 să inverseze tensiunea în timpul perioadei libere apare doar după ce oscilația din interiorul traductorului ultrasonic 215 a constituit încărcarea. Pentru adaptarea la această situație, când puntea IC 301 activează traductorul ultrasonic 215 pentru prima oară, PMIC 300 reglează puterea furnizată prin puntea 334 către traductorul ultrasonic 215 la o primă valoare care este o valoare redusă (de ex. 5 V). PMIC 300 reglează apoi puterea furnizată prin puntea 334 către traductorul ultrasonic 215 pentru a crește de-a lungul unei perioade de timp la o a doua valoare (de ex. 15 V) care este mai mare decât prima valoare pentru a acumula energia stocată în traductorul ultrasonic 215. În timpul acestei rampe de oscilație mai apar vârfuri de curent până când curentul din traductorul ultrasonic 215 s-a dezvoltat suficient. Însă, prin utilizarea unei prime tensiuni reduse la pornire, aceste vârfuri de curent sunt menținute la o valoare suficient de redusă pentru a minimiza impactul asupra funcționării traductorului ultrasonic 215.

Pentru a implementa modul cu frecvență nativă, dispozitivul de acționare 202 controlează cu mare precizie frecvența oscilatorului 315 și factorul de umplere (raportul dintre timpul de pornire și perioada liberă) al semnalului de acționare de curent alternativ emis de puntea-H 334. În acest exemplu, dispozitivul de acționare 202 execută trei bucle de control pentru a regla frecvența oscilatorului și factorul de umplere, astfel încât inversarea tensiunii la bornele traductorului ultrasonic 215 este cât mai precisă posibil iar vârfurile de curent sunt minimizate sau evitate cât de mult posibil. Controlul precis al oscilatorului și al factorului de umplere cu ajutorul buclelor de control reprezintă un progres semnificativ în domeniul sistemelor de acționare ultrasonice IC.

În timpul modului de funcționare cu frecvență nativă, senzorul de curent 335 detectează curentul care trece prin traductorul ultrasonic 215 (circuit rezonant) în timpul perioadei libere. Mașina de stare digitală 337 adaptează semnalele de sincronizare pentru a conecta fie primul întrerupător T_1 sau al doilea întrerupător T_2 când senzorul de curent 335 detectează că curentul care trece prin traductorul ultrasonic 215 (circuit rezonant) în timpul perioadei libere este zero.

Figura 54 din desenele însoțitoare prezintă forma de undă 347 a tensiunii oscilatorului (V_{osc}), o formă de undă de comutare 348 care rezultă din pornirea și oprirea întrerupătorului de pe latura stângă de sus T_1 al punții-H 334 și o formă de undă de comutare 349 care rezultă din pornirea și oprirea întrerupătorului de pe latura dreaptă de sus T_2 al punții 334. Pe parcursul unei perioade libere

intermediare 350, ambele întrerupătoare de pe latura de sus T_1 , T_2 de la puntea-H 334 sunt oprite (fază liberă). Durata perioadei libere 350 este controlată de magnitudinea tensiunii de control 351 (V_{phioff}).

Figura 55 din desenele însoțitoare prezintă forma de undă 352 a tensiunii la o primă bornă a traductorului ultrasonic 215 (forma de undă a tensiunii este inversată la a doua bornă a traductorului ultrasonic 215) și curentul piezo 353 care trece prin traductorul ultrasonic 215. Curentul piezo 353 reprezintă o formă de undă sinusoidală (aproape) ideală (acest lucru nu este posibil niciodată în modul cu frecvență forțată sau în orice punte de pe piața IC).

Înainte ca unda sinusoidală a curentului piezo 353 să ajungă la zero, întrerupătorul de pe latura stângă de sus T_1 al punții-H 334 este oprit (aici, întrerupătorul T_1 este oprit când curentul piezo 353 este aproximativ 6 A). Restul curentului piezo 353 care circulă prin traductorul ultrasonic 215 din cauza energiei stocate în traductorul ultrasonic 215 (condensatorul circuitului echivalent piezo) este responsabil pentru inversarea tensiunii în timpul perioadei libere 350. Curentul piezo 353 scade la zero în timpul perioadei libere 350 și în domeniul fluxului de curent negativ după aceea. Tensiunea la bornă la traductorul ultrasonic 215 scade de la tensiunea de alimentare (în acest caz 19 V) la mai puțin de 2 V iar scăderea încetează când curentul piezo 353 ajunge la zero. Acesta este momentul perfect pentru a porni întrerupătorul T_3 de pe latura jos a punții-H 334 pentru a minimiza sau evita un vârf de curent.

În comparație cu modul cu frecvență forțată descris mai sus, modul cu frecvență nativă are cel puțin trei avantaje:

1. Vârful de curent asociat cu comutarea directă a condensatorului pachetului este redus semnificativ sau evitat complet.
2. Pierderea de putere cauzată de comutarea directă este aproape eliminată.
3. Frecvența este controlată de buclele de control și va fi menținută aproape de rezonanța cristalului piezo (adică frecvența de rezonanță nativă a cristalului piezo).

În cazul controlului frecvenței de către buclele de control (avantajul 3 de mai sus), PMIC 300 începe prin controlarea punții IC 301 pentru a acționa traductorul ultrasonic 215 la o frecvență peste rezonanța cristalului piezo. PMIC 300 controlează apoi puntea IC 301 astfel încât frecvența semnalului de acționare de curent alternativ scade/se reduce în timpul pornirii. Din momentul în care frecvența se apropie de frecvența de rezonanță a cristalului piezo, curentul piezo se dezvoltă/crește rapid. Odată ce curentul piezo este suficient de ridicat pentru a provoca inversarea de tensiune dorită, scăderea/reducerea frecvenței este oprită de PMIC 300. Buclele de control ale PMIC 300 preiau apoi controlul frecvenței și factorului de umplere ale semnalului de acționare de curent alternativ.

În modul cu frecvență forțată, puterea furnizată către traductorul ultrasonic 215 este controlată prin factorul de umplere și/sau schimbarea de frecvență și/sau prin varierea tensiunii de alimentare. Însă, în acest exemplu în modul cu frecvență nativă puterea furnizată către traductorul ultrasonic 215 este controlată doar prin tensiunea de alimentare.

În acest exemplu, într-o fază de configurare a dispozitivului de acționare, puntea IC 301 este configurată să măsoare timpul de care are nevoie curentul care circulă prin traductorul ultrasonic 215 (circuit rezonant) ca să scadă la zero când primul întrerupător T_1 și al doilea întrerupător T_2 sunt oprite iar al treilea întrerupător T_3 și al patrulea întrerupător T_4 sunt pornite. Puntea IC 301 setează apoi durata perioadei libere să fie egală cu durata de timp măsurată.

Referitor la figura 56 a desenelor însoțitoare, PMIC 300 și puntea IC 301 din acest exemplu sunt concepute să funcționeze împreună ca un set de cipuri asociate. PMIC 300 și puntea IC 301 sunt conectate între ele electric, pentru a comunica una cu alta. În acest exemplu, există interconectări între PMIC 300 și puntea IC 301 care permit următoarele două categorii de comunicări:

1. semnale de comandă
2. semnale de feedback

Conexiunile dintre pinii FAZA_A și FAZA_B ai PMIC 300 și ai punții IC 301 transmit semnalele de comandă modulate PWM care acționează puntea-H 334. Conexiunea dintre pinii EN_BR ai PMIC 300 și puntea IC 301 transmite semnalul de comandă EN_BR care declanșează pornirea punții-H 334. Sincronizarea dintre FAZA_A, FAZA_B și semnalele de comandă EN_BR este importantă și este asigurată de elementul de control al punții digitale de la PMIC 300.

Conexiunile dintre pinii CS, OC și OT ai PMIC 300 și puntea IC 301 transmit semnale de feedback CS (detectare curent), OC (supracurent) și OT (supratemperatură) de la puntea IC 301 înapoi la PMIC 300. Cel mai important, semnalul de feedback CS (detectare curent) conține echivalentul în tensiune al curentului rms care circulă prin traductorul ultrasonic 215 care este măsurat de senzorul de curent 335 al punții IC 301.

Semnalele de feedback OC (supracurent) și OT (supratemperatură) sunt semnale digitale care indică detectarea de către puntea IC 301 unui eveniment legat fie de supracurent sau de supratensiune. În acest exemplu, pragurile pentru supracurent și supratemperatură sunt setate cu un rezistor extern.

Alternativ, pragurile pot fi setate și dinamic ca răspuns la semnalele transmise către pinul OC_REF al punții IC 301 de la unul dintre cele două canale DAC VDAC0, VDAC1 de la PMIC 300.

În acest exemplu, designul PMIC 300 și al punții IC 301 permit ca pinii acestor două circuite integrate să fie conectați direct unii cu alții (de ex. prin trasee de cupru pe o PCB), astfel încât nu există întârziere sau o întârziere minimă în comunicarea semnalelor între PMIC 300 și puntea IC 301. Acest lucru asigură un avantaj semnificativ privind viteza în comparație cu punțile convenționale de pe piața IC, care sunt controlate de obicei de semnale prin intermediul unei magistrale de comunicare digitale. De exemplu, o magistrală I2C standard este limitată la doar 400 kHz, ceea ce este prea puțin pentru a comunica date eșantionate la viteze de ceas ridicate, de până la 5 MHz din exemplele acestei prezentări.

În vreme ce exemple ale acestei prezentări au fost descrise mai sus în raport cu hardware-ul microcipului, trebuie notat că alte exemple ale acestei prezentări conțin o metodă de operare a componentelor și subsistemelor fiecărui microcip pentru a executa funcțiile descrise aici. De exemplu, metodele de operare ale PMIC 300 și ale punții IC 301 în modul cu frecvență forțată sau în modul cu frecvență nativă.

Referitor la figura 57 a desenelor însoțitoare, IC OTP 242 conține un circuit de resetare la cuplarea tensiunii de alimentare (POR) 354, o referință tip bandă interzisă (BG) 355, un regulator cu pierdere redusă fără condensator (LDO) 356, o interfață 357 de comunicare (de ex. I2C), o memorie programabilă o singură dată (eFuse) 358, un oscilator 359 și o interfață de intrare/ieșire de uz general 360. IC OTP 242 mai conține și un nucleu digital 361 care include un autentificator criptografic. În acest exemplu, autentificator criptografic utilizează algoritmul de semnătură cu curbă eliptică (ECDSA) pentru criptarea/decriptarea datelor stocate în IC OTP 242, precum și a datelor transmise către și de la IC OTP 242.

POR 354 face ca IC OTP 242 să pornească în mod corespunzător doar dacă tensiunea de alimentare se situează într-un domeniu predeterminat. Dacă tensiunea de alimentare se situează în afara domeniului predeterminat, POR 354 resetează IC OTP 242 și așteaptă până când tensiunea de alimentare se situează în domeniul predeterminat.

BG 355 oferă valori de referință precise ale tensiunii și curentului pentru LDO 356 și oscilatorul 359. LDO 356 alimentează nucleul digital 361, interfața de comunicare 357 și memoria eFuse 358.

OTP IC 242 este configurat să funcționeze cel puțin în următoarele moduri:

- Programare siguranță (arderea fuzibilului siguranței): În timpul programării siguranței electronice (programarea memoriei programabilă o singură dată) este necesar un curent de mare intensitate pentru arderea siguranțelor relevante din memoria eFuse 358. În acest mod, sunt furnizați curenți de polarizare mai ridicați pentru a menține câștigul și lățimea de bandă a buclei de reglare.

- Citire siguranță: În acest mod, este necesar un curent de nivel mediu pentru a menține citirea siguranței electronice din memoria eFuse 358. Acest mod este executat în timpul pornirii IC OTP 242 pentru transferarea conținutului siguranțelor către regiștrii ascunși. În acest mod, câștigul și lățimea de bandă a buclei de reglare sunt setate la o valoare mai mică decât în modul de ardere a fuzibilului siguranței.

- Funcționare normală: În acest mod, LDO 356 este acționat cu un curent de polarizare foarte redus pentru a acționa IC OTP 242 cu putere redusă, astfel încât IC OTP 242 să consume cât mai puțină putere posibil.

Oscilatorul 359 furnizează ceasul necesar pentru nucleul digital/motorul 361 în timpul testării (test SCAN), în timpul arderii fuzibilului siguranței și în timpul funcționării normale. Oscilatorul 359 este ajustat pentru a face față cerințelor stricte privind sincronizarea în timpul modului de ardere a fuzibilului siguranței.

În acest exemplu, interfața de comunicare 357 este compatibilă cu specificațiile FM+ ale standardului I2C, însă este compatibilă și cu modul lent și cel rapid. IC OTP 242 utilizează interfața de comunicare 357 pentru a comunica cu dispozitivul de acționare 202 (Gazda) pentru schimb de date și chei.

Nucleul digital 361 implementează funcția de control și comunicare a IC OTP 242. Autentificatorul criptografic al nucleului digital 361 îi permite IC OTP 242 să se autentifice (de ex. utilizând mesaje criptate ECDSA) la dispozitivul de acționare 202 (de ex. pentru o anumită aplicație) pentru a asigura autenticitatea IC OTP 242 și faptul că IC OTP 242 este autorizat să se conecteze la dispozitivul de acționare 202 (sau un alt produs).

Cu referință la figura 58 a desenelor însoțitoare, IC OTP 242 execută următoarea procedură PKI în scopul autentificării IC OTP 242 pentru a fi utilizat cu o gazda (de ex. dispozitivul de acționare 202):

1. Verificare cheie publică semnatar: Gazda solicită cheia publică de producție și certificatul. Gazda verifică certificatul cu cheia publică a autorității de certificare.

2. Verificare cheie publică dispozitiv: Dacă verificare are succes, gazda solicită cheia publică a dispozitivului și certificatul. Gazda verifică certificatul cu cheia publică de producție.

3. Test - răspuns: Dacă verificarea are succes, gazda creează un număr de test aleatoriu și îl transmite dispozitivului. Produsul final semnează numărul de test aleatoriu cu cheia privată a dispozitivului.

4. Semnătura este transmisă înapoi către gazdă pentru a fi verificată cu cheia publică a dispozitivului.

Dacă toți pașii procedurii de autentificare sunt completați cu succes, lanțul de încredere a fost verificat până la rădăcina de încredere iar IC OTP 242 s-a autentificat cu succes pentru a fi utilizat cu gazda. Însă, dacă oricare dintre pașii procedurii de autentificare eșuează, IC OTP 242 nu este autentificat pentru a fi utilizat cu gazda iar utilizarea dispozitivului care încorporează IC OTP 242 este limitată sau împiedicată.

Dispozitivul de acționare conține un acționator de curent alternativ pentru conversia voltajului de la baterie într-un semnal de acționare de curent alternativ, la o frecvență predeterminată, pentru acționarea traductorului ultrasonic.

Dispozitivul de acționare conține un sistem de monitorizare a puterii active pentru monitorizare puterii active utilizate de traductorul ultrasonic (după cum am descris mai sus) atunci când traductorul ultrasonic este acționat de semnalul de acționare de curent alternativ. Sistemul de monitorizare a puterii active asigură un semnal de monitorizare care indică puterea activă utilizată de traductorul ultrasonic.

Procesorul din dispozitivul de acționare controlează acționatorul de curent alternativ și primește semnalul de monitorizare de la sistemul de monitorizare a puterii active.

Memoria dispozitivului de acționare stochează instrucțiuni care, atunci când sunt executate, fac ca procesorul să:

A. controleze acționatorul de curent alternativ să emită un semnal de acționare de curent alternativ către traductorul ultrasonic, la o frecvență de baleiaj predeterminată;

B. calculeze puterea activă utilizată de traductorul ultrasonic pe baza semnalului de monitorizare;

C. controleze acționatorul de curent alternativ să moduleze semnalul de acționare de curent alternativ pentru a maximiza puterea activă utilizată de traductorul ultrasonic;

D. stocheze în memorie o înregistrare cu puterea activă maximă utilizată de traductorul ultrasonic și frecvența de baleiaj a semnalului de acționare de curent alternativ;

E. repete pașii A-D de un număr predeterminat de ori, cu frecvența de baleiaj crescând sau scăzând la fiecare repetiție, astfel încât, după ce s-a ajuns la numărul de repetiții predeterminat, frecvența de baleiaj a crescut sau scăzut de la o frecvență de baleiaj inițială la o frecvență de baleiaj finală;

F. identifice din înregistrările stocate în memorie frecvența optimă a semnalului de acționare de curent alternativ care este frecvența de baleiaj a semnalului de acționare de curent alternativ la care traductorul ultrasonic utilizează maximul de putere activă; și

G. controleze acționatorul de curent alternativ să emită un semnal de acționare de curent alternativ către traductorul ultrasonic, la frecvența optimă pentru a face traductorul ultrasonic să atomizeze un lichid.

În unele exemple, sistemul de monitorizare a puterii active conține un sistem de detectare a curentului, pentru detectarea unui curent de acționare al semnalului de acționare de curent alternativ care acționează traductorul ultrasonic, unde sistemul de monitorizare a puterii active asigură un semnal de monitorizare care indică curentul de acționare detectat.

În unele exemple, sistemul de detectare a curentului conține un convertor analog-digital, care convertește curentul de acționare detectat într-un semnal digital pentru a fi procesat de procesor.

În unele exemple memoria stochează instrucțiuni care, atunci când sunt executate de procesor, fac ca procesorul să: repete pașii A-D de mai sus, cu frecvența de baleiaj crescând incremental de la o frecvență de baleiaj inițială de 2900kHz la o frecvență de baleiaj finală de 2960kHz.

În unele exemple, memoria stochează instrucțiuni care, atunci când sunt executate de procesor, fac ca procesorul să: repete pașii A-D de mai sus, cu frecvența de baleiaj crescând incremental de la o frecvență de baleiaj inițială de 2900kHz la o frecvență de baleiaj finală de 3100kHz.

În unele exemple, memoria stochează instrucțiuni care, atunci când sunt executate de procesor, fac ca procesorul: în pasul G să controleze acționatorul de curent alternativ să emită un semnal de acționare de curent alternativ către traductorul ultrasonic, la o frecvență care este deviată cu o valoare predeterminată de la frecvența optimă.

În unele exemple valoarea de deviere predeterminată se situează între 1-10% din frecvența optimă.

2. Secțiunea de control și informații (CI)

Secțiunea de control și informații conține un EEPROM extern pentru stocarea de date, LED-uri pentru informarea utilizatorului, un senzor de presiune pentru detectarea fluxului de aer și un microcontroler cu capacitate Bluetooth Low Energy (BLE) pentru monitorizarea constantă și administrarea secțiunii de aerosolizare.

5 Senzorul de presiune utilizat în dispozitiv are două scopuri. Primul scop este de a preveni pornirea nedorită și accidentală a motorului sonic (acționarea traductorului ultrasonic). Această funcționalitate este implementată în sistemul de procesare al dispozitivului, optimizată pentru putere redusă, pentru măsurarea constantă a parametrilor mediului înconjurător, cum ar fi temperatura și presiunea ambiantă, cu compensare internă și setare de referință, pentru detectarea precisă și clasificarea a

10 ceea ce poartă numele de inhalare reală. Spre deosebire de toate celelalte dispozitive de fumat de pe piață, această soluție folosește forța unui micro-controler pentru a permite utilizarea unui singur senzor.

Al doilea scop al senzorului de presiune este nu numai de a fi capabil să monitorizeze durata exactă a inhalărilor efectuate de utilizator, pentru o măsurare precisă a volumului inhalat, ci și de a determina forța inhalării efectuate de utilizator, ceea ce reprezintă o informație esențială în cazul în care dispozitivul este utilizat ca parte într-un program de renunțare la fumat. Per total, suntem capabili să realizăm totalmente profilul presiunii pentru fiecare inhalare și să anticipăm finalul inhalării, atât cu scopul optimizării aerosolizării, cât și pentru înțelegerea dependenței de nicotină.

Acest lucru a fost posibil prin utilizarea unui microcontroler Bluetooth™ Low Energy (BLE). Acesta îi permite sistemului să asigure intervale de inhalare deosebit de precise, aerosolizare optimizată, monitorizarea a numeroși parametri pentru garantarea nebulizării în siguranță și prevenirea utilizării unui e-liquid sau a unor camere de aerosol neoriginale și pentru a proteja atât dispozitivul de riscul supraîncălzirii, cât și utilizatorul împotriva nebulizării excesive într-o singură inhalare, spre deosebire de orice alt produs existent pe piață.

25 Utilizarea microcontrolerului BLE permite ca actualizarea wireless să le ofere constant utilizatorilor un software îmbunătățit, pe baza colectării anonimizate a datelor și unui modul de inteligență artificială pentru modelarea PZT.

3. Secțiunea de management al puterii (PM)

30 Secțiunea de management al puterii se constituie din traiectul bateriei LiPo de 3,7V către un regulator cu pierdere redusă (regulator LDO), care alimentează secțiunea de control și informații, și un sistem de management baterie (BMS), care asigură încărcarea și un nivel înalt de protecție al bateriei LiPo interne.

Componentele din această secțiune au fost alese cu atenție și în detaliu, pentru a putea realiza un dispozitiv atât de integrat și compact, care să furnizeze un nivel ridicat de putere secțiunii de sonificare și să asigure alimentarea constantă a secțiunii de control și informații.

La furnizarea unei puteri ridicate pentru secțiunea de aerosolizare dintr-o baterie LiPo de 3.7V, tensiunea de alimentare variază masiv în timpul funcționării. În lipsa unui regulator cu pierdere redusă, pentru secțiunea de control și informații nu ar putea fi asigurată alimentarea constantă obligatorie atunci când tensiunea bateriei scade până la 0,3V peste valorile minime ale componentelor din această secțiune, motiv pentru care LDO are un rol absolut esențial. O pierdere la nivelul secțiunii CI ar perturba sau chiar opri funcționarea întregului dispozitiv.

Din acest motiv, selectarea atentă a componentelor nu doar că asigură un grad ridicat de fiabilitate al dispozitivului, ci îi și permite să lucreze în condiții dificile și pentru perioade consecutive mai lungi între reîncărcări.

45 Aerosolizare controlată

Dispozitivul reprezintă o soluție de aerosolizare precisă, de încredere și sigură pentru programe de renunțare la fumat și utilizare zilnică, astfel încât trebuie să asigure o aerosolizare controlată și sigură.

Acest lucru este obținut printr-o metodă internă, care poate fi împărțită în mai multe secțiuni, după cum urmează:

50 1. Sonificare

Pentru a asigura aerosolizarea optimă, traductorul ultrasonic (PZT) trebuie să vibreze în cel mai eficient mod.

Frecvență

55 Proprietățile electromecanice ale ceramicii piezoelectrice indică faptul că această componentă are cea mai mare eficiență la frecvența de rezonanță. Dar, de asemenea, vibrarea PZT la rezonanță pentru o perioadă lungă de timp va duce inevitabil la defecțiuni și defectarea componentei, ceea ce face camera de aerosol inutilizabilă.

Un lucru important de avut în vedere la utilizarea materialelor piezoelectrice este variația inherentă în timpul fabricației și variabilitatea acestora în funcție de temperatură și vechime.

Rezonarea PZT la 3MHz pentru a crea picături de dimensiune $<1\mu m$, necesită o metodă adaptivă pentru a localiza și atinge 'punctul optim' al PZT individual în interiorul fiecărei camere de aerosol utilizate cu dispozitivul pentru fiecare inhalare în parte.

Baleiere

5 Dat fiind că dispozitivul trebuie să localizeze 'punctul optim' pentru fiecare inhalare în parte și din cauza utilizării excesive, temperatura PZT variază în timp ce dispozitivul utilizează o metodă de dublă baleiere, dezvoltată la nivel intern.

10 Prima baleiere este utilizată când dispozitivul nu a fost folosit cu o anumită cameră de aerosol o perioadă de timp considerată suficientă ca disiparea termică să intervină în totalitate și pentru ca PZT să se răcească la 'temperatura standard'. Această procedură este numită și pornire la rece. În timpul acestei proceduri PZT are nevoie de un impuls pentru a produce aerosolul necesar. Acesta se obține prin parcurgerea doar a unui mic subset de frecvențe între 2900kHz până la 2960kHz care, conform studiilor și experimentelor extinse, acoperă punctul de rezonanță.

15 Pentru fiecare frecvență din această gamă, motorul sonic este activat iar curentul care trece prin PZT este monitorizat în mod activ și stocat de microcontroler prin intermediul convertorului analog-digital (DAC) și convertit înapoi în curent, pentru a putea deduce cu precizie puterea utilizată de PZT.

Astfel rezultă profilul rece al acestui PZT în ceea ce privește frecvența iar frecvența utilizată pe parcursul inhalării este cea care utilizează cel mai mult curent, adică frecvența cu cea mai scăzută impedanță.

20 A doua baleiere este realizată în timpul oricărei inhalări ulterioare și acoperă întreaga gamă de frecvențe între 2900kHz până la 3100kHz datorită modificării profilului PZT în ceea ce privește temperatura și deformarea. Acest profil cald este utilizat pentru a determina devierea care trebuie aplicată.

Deviere

25 Dat fiind că aerosolizarea trebuie să fie optimă, devierea nu este utilizată în timpul unei inhalări la rece și ca urmare PZT va vibra la frecvența de rezonanță. Acest lucru se poate întâmpla doar pentru o perioadă scurtă și fără repetiție, în caz contrar PZT s-a defecta în mod inevitabil.

Devierea însă este utilizată în timpul majorității inhalărilor ca o modalitate pentru a atinge o frecvență cu impedanță scăzută, rezultând astfel o operare aproximativ optimă a PZT, dublată de protejarea lui împotriva defecțiunilor.

30 Dat fiind că profilele cald și rece sunt stocate în timpul inhalării, microcontrolerul poate selecta apoi frecvența deviată adecvată în concordanță cu valorile măsurate ale curentului prin PZT în timpul baleierii și să asigure funcționarea mecanică lipsită de riscuri.

35 Selectarea direcției devierii este crucială, deoarece componenta piezoelectrică se comportă într-un mod diferit în afara dubletului frecvență de rezonanță/anti-rezonanță sau în cadrul acestei game. Devierea selectată ar trebui să se situeze întotdeauna în cadrul acestei game, definite de frecvențe de rezonanță până la frecvențe anti-rezonante, dat fiind că PZT este inductiv și nu capacitiv.

În sfârșit, procentajul devierii este menținut sub 10% pentru a rămâne în continuare aproape de cea mai redusă impedanță dar suficient de departe de rezonanță.

Ajustare

40 Dată fiind natura intrinsecă a PZT, fiecare inhalare este diferită. Numeroși parametri în afară de elementul piezoelectric influențează rezultatul inhalării, cum ar fi cantitatea de e-liquid rămasă în interiorul camerei de aerosol, gradul de îmbibare al tefonului sau nivelul bateriei dispozitivului.

45 Dispozitivul monitorizează în permanență curentul utilizat de PZT în interiorul camerei de aerosol iar microcontrolerul ajustează constant parametrii, cum ar fi frecvența și factorul de umplere, pentru a furniza camerei de aerosol cea mai stabilă alimentare cu energie posibilă în cadrul unei plaje predefinite, în concordanță cu rezultatele studiilor și experimentelor privind aerosolizarea optimă în condiții de siguranță.

Monitorizarea bateriei

50 Pentru a furniza o tensiune de curent alternativ de 15V și a menține în interiorul PZT o intensitate a curentului în jurul a 2,5A, curentul extras din baterie atinge aproximativ 7 până la 8 amperi, ceea ce creează o scădere a tensiunii bateriei. Orice baterie LiPo obișnuită nu ar face față acestei cereri ridicate de resurse pe durata unei inhalări, care poate ajunge la 6s.

55 Din acest motiv este dezvoltată o baterie LiPo specială, care poate gestiona aproximativ 11 amperi, ceea ce înseamnă cu 50% mai mult decât maximul permis în PZT în orice moment, și care rămâne ușor de utilizat într-un dispozitiv portabil, compact și integrat.

Dat fiind că tensiunea bateriei scade și variază foarte mult la activarea secțiunii de sonificare, microcontrolerul monitorizează constant energia utilizată de PZT în interiorul camerei de aerosol, pentru a asigura aerosolizarea corespunzătoare, în condiții de siguranță.

Și, dat fiind că cheia aerosolizării este controlul, dispozitivul se asigură în primul rând că secțiunea de control și informații a dispozitivului funcționează întotdeauna și că nu se oprește în detrimentul secțiunii de sonificare.

- 5 Acesta este motivul pentru care metoda de ajustare ține foarte mult seama și de nivelul bateriei în timp real și, dacă este necesar, modifică parametri, cum ar fi factorul de umplere, pentru a menține bateria la un nivel sigur, iar în cazul în care bateria este la un nivel prea scăzut înainte de pornirea motorului sonic, secțiunea de control și informații va împiedica activarea.

Controlul puterii

- 10 După cum s-a spus, cheia aerosolizării este controlul iar metoda utilizată în acest dispozitiv este o funcție multi-dimensională în timp real, care ține cont de profilul PZT, de curentul din interiorul PZT și de nivelul bateriei dispozitivului în orice moment.

Toate acestea sunt posibile doar prin utilizarea unui microcontroler care poate monitoriza și controla fiecare element al dispozitivului, pentru a produce o inhalare optimă.

1. Controlul inhalării

- 15 Dispozitivul este unul sigur, fapt confirmat și de raportul BNS (Broughton Nicotine Services), însă pentru a garanta siguranța nebulizării și integritatea atât a camerei de aerosol, cât și a dispozitivului, fiecare inhalare trebuie să fie controlată.

Durata inhalării

- 20 Pentru a reduce expunerea la carbonili și la alte componente toxice care ar putea rezulta din încălzirea unui e-liquid, durata maximă a unei inhalări este setată la 6 secunde, ceea ce asigură în totalitate lipsa expunerii la aceste componente.

Interval

- 25 Deoarece dispozitivul se bazează pe o componentă piezoelectrică, dispozitivul împiedică activarea secțiunii de sonificare dacă o inhalare se oprește. Temporizarea de siguranță dintre două inhalări este adaptivă, depinzând de durata inhalării anterioare. Acest lucru permite îmbibarea corespunzătoare a tiftonului înainte de următoarea activare.

În acest mod dispozitivul poate funcționa în siguranță iar aerosolizarea se realizează în mod optim, fără riscul de spargere a elementului PZT sau de a expune utilizatorul la componente toxice.

Conectivitate (BLE)

- 30 Secțiunea de control și informații a dispozitivului este compusă dintr-un sistem de comunicații wireless, sub forma unui microcontroler cu capacitate Bluetooth Low Energy. Sistemul de comunicații wireless comunică cu procesorul dispozitivului și este configurat pentru transmiterea și primirea de date între dispozitivul de acționare și un dispozitiv de calcul, cum ar fi un smartphone.

- 35 Conectivitatea via Bluetooth Low Energy cu o aplicație mobilă însoțitoare face ca această comunicare să necesite foarte puțină energie, permițând astfel dispozitivului ca atunci când nu este utilizat deloc să rămână în funcțiune pentru o perioadă mai mare de timp, comparativ cu soluțiile de conectivitate wireless tradiționale, cum ar fi Wi-Fi, Bluetooth clasic, GSM sau chiar LTE-M și NB-IOT.

- 40 Cel mai important, această conectivitate face posibile caracteristica OTP și controlul complet și siguranța inhalărilor. Toate datele, de la frecvența de rezonanță a unei inhalări la cea utilizată sau presiunea negativă creată de utilizator și durata, sunt stocate și transferate via BLE pentru analize ulterioare și îmbunătățirea software-ului încorporat.

- 45 Mai mult, aceste informații sunt cruciale atunci când dispozitivul este utilizat în programe de renunțare la fumat, deoarece ele oferă medicilor și utilizatorilor toate informațiile privind procesul de inhalare, precum și posibilitatea de a urmări în timp real prescripțiile și utilizarea.

În sfârșit, această conectivitate permite actualizarea firmware-ului încorporat în interiorul dispozitivului și wireless (OTA), ceea ce garantează că ultimele versiuni pot fi implementate întotdeauna cu rapiditate. Acest lucru oferă un grad ridicat de scalabilitate dispozitivului și siguranța că se intenționează actualizarea acestuia.

Colectarea datelor în scop clinic, pentru renunțarea la fumat

- 50 Dispozitivul poate colecta datele utilizatorului, cum ar fi numărul de aspirări și durata aspirării pentru a determina cantitatea totală de nicotină consumată de utilizator într-o sesiune.

Aceste date pot fi interpretate de un algoritm care setează limitele de consum per perioadă de timp, pe baza recomandărilor unui medic.

- 55 Acest lucru permite o doză controlată din nicotina care trebuie administrată utilizatorului, care este controlată de către un medic sau farmacist și de care utilizatorul final nu poate abuza.

Medicul are posibilitatea să scadă gradual dozajul, în timp și de o manieră controlată, care este sigură pentru utilizator și eficientă în furnizarea dozelor terapeutice pentru renunțarea la fumat.

Limitări ale aspirării

Procesul de cavitație ultrasonică are un impact semnificativ asupra concentrației de nicotină în ceața produsă.

O limitare a dispozitivului la o durată a aspirării <7 va limita expunerea utilizatorului la carbonili produși în mod obișnuit de sistemele electronice de furnizare a nicotinei.

Pe baza rezultatelor experimentelor Broughton Nicotine Services, după ce un utilizator efectuează 10 aspirări consecutive <7 secunde, cantitatea totală de carbonili este <2,67 μg/10 aspirări (medie: 1,43 μg/10 aspirări) pentru formaldehidă, <0,87 μg/10 aspirări (medie: 0,50 μg/10 aspirări) pentru acetaldehidă, <0,40 μg/10 aspirări (medie: 0,28 μg/10 aspirări) pentru propionaldehidă, <0,16 μg/10 aspirări (medie: 0,16 μg/10 aspirări) pentru crotonaldehidă, <0,19 μg/10 aspirări (medie: 0,17 μg/10 aspirări) pentru butiraldehidă, <0,42 μg/10 aspirări (medie: 0,25 μg/10 aspirări) pentru diacetil, iar acetilpropionil nu a fost detectat deloc în emisii după 10 aspirări consecutive <7 secunde.

Deoarece aerosolizarea unui e-liquid este realizată prin acțiunea mecanică a discului piezoelectric și nu prin încălzirea directă a lichidului, componentele individuale ale e-liquid (propilenglicol, glicerină vegetală, componente aromatice, etc.) rămân în mare parte intacte și nu sunt descompuse în componente toxice mai mici, cum ar fi acroleină, acetaldehidă, formaldehidă, etc. într-o măsură atât de mare ca în cazul ENDS tradiționale.

Pentru a limita expunerea utilizatorului la carbonili în timpul utilizării dispozitivului ultrasonic, durata aspirării este limitată la maximum 6 secunde, astfel încât rezultatele de mai sus ar reprezenta scenariul cel mai nefavorabil în ceea ce privește expunerea.

Referitor la figurile 59 și 60, când capacul de închidere 248 este montat pe carcasa dispozitivului de acționare 246, carcasa dispozitivului de acționare 246, fiind din aluminiu, acționează ca o cușcă Faraday, împiedicând dispozitivul să emită orice fel de unde electromagnetice. Dispozitivul cu carcasa dispozitivului de acționare 246 a fost testat în ceea ce privește compatibilitatea electromagnetică (CEM) iar testele au arătat că emisiile sunt de mai puțin de jumătate din limita admisă pentru dispozitive. Rezultatele testelor CEM sunt prezentate în graficul din figura 61.

Un nebulizator din alte exemple ale acestei prezentări conține majoritatea sau, preferabil, toate elementele generatorului de ceață 200 descris mai sus, însă memoria dispozitivului de acționare 202 stochează instrucțiuni care, atunci când sunt executate de procesor, asigură funcționalități suplimentare nebulizatorului.

În unul dintre exemple, nebulizatorul 200 conține un ansamblu de monitorizare a puterii active care încorporează un senzor de curent, cum ar fi senzorul de curent 335 descris mai sus, pentru detectarea unui curent de acționare rms al semnalului de acționare de curent alternativ care acționează traductorul ultrasonic 215. Ansamblul de monitorizare a puterii active furnizează un semnal de monitorizare care indică curentul de acționare detectat, conform descrierii de mai sus.

Funcționalitatea suplimentară din acest exemplu permite nebulizatorului 200 să monitorizeze funcționarea traductorului ultrasonic în timp ce traductorul ultrasonic este activat. Nebulizatorul 200 calculează o valoare a eficienței sau un indice de calitate, care indică cât de eficient funcționează traductorul ultrasonic pentru atomizarea unui lichid din dispozitiv. Dispozitivul utilizează valoarea eficienței pentru a calcula cantitatea efectivă de ceață care a fost generată pe durata activării traductorului ultrasonic.

Odată ce cantitatea efectivă de ceață a fost calculată, dispozitivul este configurat să calculeze cantitatea efectivă de nicotină care a fost prezentă în ceață și, astfel, cantitatea efectivă de nicotină care a fost inhalată de un utilizator pe baza concentrației nicotinei în lichid. Cunoașterea cantității exacte de nicotină care este administrată unui pacient este extrem de importantă atunci când nebulizatorul este utilizat ca parte a unui program de renunțare la fumat, care reduce treptat cantitatea de nicotină furnizată unui utilizator pe parcursul unei perioade de timp. Cunoașterea exactă a cantității de nicotină administrată unui utilizator în timpul fiecărei inhalări sau aspirări conferă o mai mare acuratețe și eficiență programului de renunțare la fumat în comparație cu utilizarea unui dispozitiv convențional, care doar cuantifică numărul de inhalări sau aspirări presupunând că prin fiecare inhalare sau aspirare se administrează utilizatorului aceeași cantitate de nicotină.

În practică, după cum s-a descris mai sus, există mulți factori diferiți care afectează funcționarea traductorului ultrasonic și care au un impact asupra cantității de ceață generată de traductorul ultrasonic și, în consecință asupra cantității efective de nicotină care este administrată unui utilizator.

De exemplu, dacă un traductor ultrasonic dintr-un nebulizator nu funcționează în mod optim din cauza nivelului scăzut de încărcare al bateriei care reduce curentul care circulă prin traductorul ultrasonic, va fi generată o cantitate mai redusă de ceață iar utilizatorului i se va administra o cantitate mai mică de nicotină comparativ cu situația în care dispozitivul funcționează în mod optim. Dacă dispozitivul este utilizat într-un program de renunțare la fumat, dispozitivul va permite un număr mai mare de aspirări pentru ca utilizatorului să îi fie administrată o cantitate setată de nicotină de-a lungul unei perioade de

timp, comparativ cu numărul de aspirări care ar fi admis dacă traductorul ultrasonic ar funcționa în mod optim. Acest lucru conferă o mai mare acuratețe și eficiență programului de renunțare la fumat în comparație cu un program convențional care se bazează pe utilizarea unui dispozitiv care doar cuantifică și limitează numărul de aspirări efectuate de un utilizator.

5 În continuare vor fi descrise mai detaliat configurația nebulizatorului și o metodă de generare a ceții utilizând un nebulizator din mai multe exemple.

În acest exemplu, nebulizatorul încorporează componentele nebulizatorului 200 descris mai sus, însă memoria dispozitivului de acționare 202 stochează și instrucțiuni care, când sunt executate de procesor, fac ca procesorul să activeze generatorul de ceață 200 pentru o primă perioadă de timp
10 predeterminată. După cum am descris mai sus, generatorul de ceață este activat prin acționarea traductorului ultrasonic 215 din generatorul de ceață 200 cu semnalul de acționare de curent alternativ, astfel încât traductorul ultrasonic 215 atomizează lichidul transportat de elementul capilar 222.

Instrucțiunile executate fac ca procesorul, cu ajutorul unui senzor de curent, să detecteze periodic pe parcursul primei perioade de timp predeterminate curentul semnalului de acționare de curent alternativ
15 care circulă prin traductorul ultrasonic 215, stocând în memorie valorile curentului măsurate periodic.

Instrucțiunile executate fac ca procesorul să calculeze o valoare a eficienței, utilizând valorile curentului stocate în memorie. Valoarea eficienței indică eficiența funcționării traductorului ultrasonic pentru atomizarea lichidului.

În unul dintre exemple, instrucțiunile executate fac ca procesorul să calculeze valoarea eficienței
20 utilizând această ecuație:

$$Q_I = \frac{\sum_{t=0}^{t=D} \sqrt{Q_A(t)^2 + Q_F(t)^2}}{N \sqrt{2}}$$

unde:

Q_I este valoarea eficienței,

25 Q_F este o valoare a sub-eficienței frecvenței, care este bazată valoarea monitorizată a frecvenței (frecvența la care traductorul ultrasonic 215 este acționat),

Q_A este o valoare a sub-eficienței convertorului analog-digital, care se bazează pe valoarea măsurată a frecvenței (curentul rms care circulă prin traductorul ultrasonic 215),

$t=0$ este startul primei perioade de timp predeterminate,

$t=D$ este finalul primei perioade de timp predeterminate,

30 N este numărul de măsurători periodice (eșantioane) pe parcursul primei perioade de timp predeterminate, și

$\sqrt{2}$ este un factor de normalizare.

În unul dintre exemple, memoria stochează instrucțiuni care, când sunt executate de procesor, fac ca procesorul să măsoare periodic pe parcursul primei perioade de timp predeterminate factorul de
35 umplere al semnalului de acționare de curent alternativ care acționează traductorul ultrasonic și să stocheze în memorie valorile măsurate periodic ale factorului de umplere. Nebulizatorul modifică apoi valoarea sub-eficienței convertorului analog-digital Q_A pe baza valorilor curentului stocate în memorie. În consecință, nebulizatorul din acest exemplu ia în considerare variațiile factorului de umplere care pot apărea în timpul activării traductorului ultrasonic 215 când dispozitivul calculează valoarea eficienței. Ca
40 urmare, nebulizatorul poate calcula cu precizie cantitatea efectivă de ceață care este generată luând în considerare variațiile factorului de umplere al semnalului de acționare de curent alternativ care pot apărea când traductorul ultrasonic este activat.

În unul dintre exemple, memoria stochează instrucțiuni care, când sunt executate de procesor, fac ca procesorul să măsoare periodic pe parcursul primei perioade de timp predeterminate o tensiune a unei
45 baterii care alimentează generatorul de ceață și să stocheze în memorie valorile măsurate periodic ale factorului de umplere. Nebulizatorul modifică apoi valoarea sub-eficienței convertorului analog-digital Q_A pe baza valorilor tensiunii bateriei stocate în memorie. În consecință, nebulizatorul din acest exemplu ia în considerare variațiile tensiunii bateriei care pot apărea în timpul activării traductorului ultrasonic 215 când dispozitivul calculează valoarea eficienței. Ca urmare, nebulizatorul poate calcula cu precizie
50 cantitatea efectivă de ceață care este generată luând în considerare variațiile tensiunii bateriei care pot apărea când traductorul ultrasonic este activat.

Valoarea eficienței este utilizată de nebulizator ca o ponderare pentru a calcula cantitatea efectivă de ceață generată de nebulizator prin reducerea proporțională a valorii unei cantități maxime de ceață care ar fi generată dacă dispozitivul ar funcționa în mod optim.

În unul dintre exemple, memoria stochează instrucțiuni care, când sunt executate de procesor, fac ca procesorul să măsoare periodic pe parcursul primei perioade de timp predeterminate frecvența semnalului de acționare de curent alternativ care acționează traductorul ultrasonic 215 și să stocheze în memorie valorile măsurate periodic ale frecvenței. Dispozitivul calculează apoi valoarea eficienței utilizând valorile frecvenței stocate în memorie, suplimentar față de valorile curentului așa cum s-a descris mai sus.

În unul dintre exemple, memoria stochează instrucțiuni care, când sunt executate de procesor, fac ca procesorul să calculeze o valoare maximă a cantității de ceață care ar fi generată dacă traductorul ultrasonic 215 ar funcționa în mod optim pe parcursul primei perioade de timp predeterminate. În unul dintre exemple, valoare maximă a cantității de ceață este calculată pe baza modelării care determină cantitatea maximă de ceață care ar fi generată când traductorul ultrasonic funcționează în mod optim.

Odată ce valoarea maximă a cantității de ceață a fost calculată, nebulizatorul poate calcula valoare efectivă a cantității de ceață prin reducerea proporțională a valorii maxime a cantității de ceață pe baza valorii eficienței pentru a determina cantitatea efectivă de ceață care a fost generată pe parcursul primei perioade de timp predeterminate.

Odată ce cantitatea efectivă de ceață a fost calculată, nebulizatorul poate calcula o valoare a cantității de nicotină care indică cantitatea de nicotină din cantitatea efectivă de ceață care a fost generată pe parcursul primei perioade de timp predeterminate. Nebulizatorul stochează apoi în memorie o înregistrare a valorii cantității de nicotină. În acest mod, nebulizatorul poate înregistrare cu precizie cantitatea efectivă de nicotină care a fost administrată unui utilizator în fiecare inhalare sau aspirare.

În unul dintre exemple, memoria stochează instrucțiuni care, când sunt executate de procesor, fac ca procesorul să selecteze o a doua perioadă de timp predeterminată ca răspuns la valoarea eficienței. În acest caz, a doua perioadă de timp predeterminată este o perioadă de timp de-a lungul căreia traductorul ultrasonic 215 este activat în timpul unei a doua inhalări sau aspirări efectuată de un utilizator. În unul dintre exemple, a doua perioadă de timp predeterminată este egală cu prima perioadă de timp predeterminată dar cu timpul redus sau mărit în mod proporțional în conformitate cu valoarea eficienței. De exemplu, dacă valoarea eficienței indică faptul că traductorul ultrasonic 215 nu funcționează eficient, a doua perioadă de timp predeterminată este prelungită de valoarea eficienței, astfel încât o cantitate dorită de ceață este generată pe parcursul celei de-a doua perioade de timp predeterminate.

Când se ajunge la a doua inhalare, nebulizatorul activează generatorul de ceață pentru a doua perioadă de timp predeterminată, astfel încât generatorul de ceață generează o cantitate predeterminată de ceață pe parcursul celei de-a doua perioade de timp predeterminate. Nebulizatorul controlează astfel cu precizie cantitatea de ceață generată pe parcursul celei de-a doua perioade de timp predeterminate, ținând cont de diverșii parametri care sunt reflectați de valoarea eficienței care afectează funcționarea nebulizatorului.

În unul dintre exemple, memoria stochează instrucțiuni care, când sunt executate de procesor, fac ca procesorul să activeze generatorul de ceață pentru multiple perioade de timp predeterminate. De exemplu, generatorul de ceață este activat în timpul mai multor inhalări sau aspirări succesive efectuate de un utilizator.

Nebulizatorul stochează în memorie multiple valori ale cantității de nicotină, fiecare valoare a cantității de nicotină indicând cantitatea de nicotină din ceață care a fost generată pe parcursul uneia dintre perioadele de timp predeterminate. În unul dintre exemple, nebulizatorul împiedică activarea în continuare a generatorului de ceață pentru o durată predeterminată în cazul în care cantitatea de nicotină din ceață care a fost generată pe parcursul perioadelor de timp predeterminate este egală sau mai mare decât un prag predeterminat. În unul dintre exemple, durata predeterminată este o durată între 1 și 24 ore. În alte exemple, durata predeterminată este de 24 ore sau de 12 ore.

Nebulizatorul din unele exemple ale acestei prezentări este configurat pentru a transmite date care indică valorile cantității de nicotină de la generatorul de ceață către un dispozitiv de calcul (comunicare prin tehnologia Bluetooth™ Low Energy) pentru stocarea în memoria dispozitivului de calcul (de ex. un smartphone). O aplicație executabilă care rulează pe dispozitivul de calcul poate astfel înregistra cantitatea de nicotină care a fost administrată unui utilizator. Aplicația executabilă poate să și controleze funcționarea nebulizatorului pentru a limita activarea nebulizatorului în scopul limitării cantității de nicotină administrată unui utilizator pe parcursul unei perioade de timp, de exemplu ca parte a unui program de renunțare la fumat.

Astfel, nebulizatorul din unele exemple ale acestei prezentări este configurat pentru a împiedica continuarea utilizării odată ce a utilizatorul a consumat o cantitate stabilită de nicotină pe parcursul unui interval de timp stabilit, cum ar fi cantitatea de nicotină consumată pe parcursul unei zile.

Toate aplicațiile de mai sus, care implică tehnologia ultrasonică, pot beneficia de optimizarea obținută prin intermediul regulatorului de frecvență, care optimizează frecvența de sonificare pentru performanțe optime.

Nebulizatorul ultrasonic 100 din unele exemple este o versiune mai puternică a nebulizatoarelor portabile curente, de forma și dimensiunea unor țigarete electronice curente și cu o structură deosebită pentru asigurarea vaporizării eficiente. El reprezintă o alternativă mai sănătoasă la țigarete și produsele curente de tipul țigaretelor electronice.

Nebulizatorul ultrasonic 100 din unele exemple are o aplicabilitate deosebită pentru persoanele care utilizează inhalatoare electronice ca mijloc pentru renunțarea la fumat și reducerea dependenței de nicotină. Nebulizatorul ultrasonic 100 oferă o modalitate de a reduce gradual doza de nicotină.

Cele de mai sus prezintă caracteristici ale mai multor exemple sau aplicații, astfel încât persoanele cu competență normală în domeniu să poată înțelege mai bine diversele aspecte ale prezentării curente. Trebuie notat și înțeles că se pot face îmbunătățiri și modificări ale aplicațiilor descrise mai sus, în conformitate cu domeniul aserțiunilor anexate.

Chiar dacă subiectul a fost descris într-un limbaj specific caracteristicilor structurale și acțiunilor metodologice, trebuie înțeles că subiectul aserțiunilor anexate nu este în mod necesar limitat la caracteristicile sau acțiunile specifice descrise mai sus. Mai degrabă, caracteristicile și acțiunile specifice descrise mai sus sunt prezentate ca forme exemplificative de implementare a cel puțin unora dintre revendicări. Domeniul invenției este definit de aserțiunile anexate.

Sunt prezentate diverse operații cu exemple sau aplicații. Ordinea în care sunt descrise unele sau toate aceste operațiuni nu trebuie să inducă ideea că aceste operațiuni depind neapărat de ordinea de execuție. Se poate aprecia că o ordine alternativă va oferi beneficiile descrise în prezentul document.

Mai mult, termenul „exemplificativ” este utilizat în documentul de față cu sensul de a servi drept exemplu, exemplificare, ilustrare, etc. și nu neapărat avantajos. Așa cum este utilizat în prezenta cerere, termenul „sau” semnifică un „sau” cu sens inclusiv și nu un „sau” cu sens exclusiv. În plus „o” și „un”, așa cum sunt utilizate în prezenta cerere și aserțiunile anexate trebuie înțelese în general ca însemnând „unul sau mai multe”, cu excepția cazurilor când se specifică altfel sau este clar din context că forma este la singular. De asemenea, cel puțin unul dintre A și B și/sau similar înseamnă în general A sau B sau și A și B. În plus, în măsura în care sunt folosiți termenii „include”, „având”, „are”, „cu” sau variante ale acestora, se dorește ca sensul acestor termeni să fie inclusiv, de o manieră similară termenului „conținând”. De asemenea, dacă nu se specifică altfel, termenii „primul”, „al doilea” și similar nu sugerează un aspect temporal, spațial, o ordine etc. Ci acești termeni sunt folosiți mai degrabă ca identificatori, nume, etc. pentru caracteristici, elemente, articole, etc. De exemplu, un prim element și un al doilea element corespund în general elementului A și elementului B sau două elemente diferite sau identice sau același element.

De asemenea, cu toate că prezentarea a fost realizată și descrisă cu privire la una sau mai multe implementări, schimbări și modificări echivalente vor fi posibile pentru persoanele cu competență normală în domeniu, în baza citirii și înțelegerii prezentelor specificații și a desenelor anexate. Prezentarea cuprinde toate aceste modificări și este limitată doar de scopul următoarelor aserțiuni. În special în ceea ce privește diferitele funcții îndeplinite de caracteristicile descrise mai sus (de exemplu, elemente, resurse etc.), termenii folosiți pentru a descrie astfel de caracteristici au intenția de a corespunde, dacă nu se indică altfel, oricăror caracteristici care îndeplinesc funcția specificată a caracteristicile descrise (de exemplu, care este echivalent din punct de vedere funcțional), chiar dacă acestea nu sunt echivalente cu structura prezentată. În plus, în vreme ce o anumită caracteristică din prezentare se poate să fi fost prezentată cu privire la doar una din mai multe implementări, o astfel de caracteristică poate fi combinată cu una sau mai multe caracteristici ale celorlalte implementări, după cum se dorește și se dovedește avantajos pentru orice aplicație dată sau specifică. Domeniul invenției este definit de aserțiunile anexate.

Exemple sau aplicații ale subiectului și operațiile funcționale descrise în prezentul document pot fi implementate în circuite electronice digitale sau în software, firmware sau hardware de computer, inclusiv structurile prezentate în aceste specificații și echivalentele lor structurale, sau în combinații dintre una sau mai multe dintre ele.

Unele exemple sau aplicații sunt implementate cu folosirea unuia sau mai multor module de instrucțiuni de programe informatice, codate pe un mediu care poate fi citit de un computer, pentru a fi executate de sau pentru a controla funcționarea unui aparat de procesare a datelor. Mediul care poate fi citit de un computer poate fi un produs fabricat, cum ar fi hard disc-ul dintr-un sistem informatic sau un sistem încorporat. Mediul care poate fi citit de un computer poate fi procurat separat și codificat ulterior cu unul sau mai multe module de instrucțiuni de programe informatice, de exemplu prin transmiterea unuia sau a mai multe module de instrucțiuni de programe informatice printr-o rețea cu fir sau fără fir.

Mediul care poate fi citit de un computer poate fi un dispozitiv de stocare citibil electronic, un substrat de stocare citibil electronic, un dispozitiv de stocare sau o combinație de una sau mai multe dintre ele.

Termenii „dispozitiv de calcul” și „aparat de procesare a datelor” includ toate aparatele, dispozitivele și mașinile pentru procesarea datelor, inclusiv, ca exemplu, un procesor programabil, un computer sau multiple procesoare sau computere. Aparatul poate include, pe lângă hardware, un cod care creează un mediu pentru executarea programului informatic în discuție, de ex. cod care constituie firmware-ul procesorului, un set de protocoale, un sistem de management al bazelor de date, un sistem de operare, un mediu de execuție sau o combinație de una sau mai multe dintre acestea. În plus, aparatul poate face uz de diferite infrastructuri de modele de calcul, cum ar fi servicii web, sisteme de calcul distribuit și infrastructuri de grid computing.

Procesele și fluxurile logice descrise în aceste specificații pot fi realizate de unul sau mai multe procesoare programabile care execută unul sau mai multe programe informatice pentru a îndeplini funcții prin procesarea datelor de intrare și generarea datelor de ieșire.

Procesoare adecvate pentru executarea unui program informatic includ, ca exemplu, microprocesoare de uz general și special și oricare sau mai multe procesoare de orice tip ale calculatoarelor digitale. În general, un procesor va primi instrucțiuni și date de la o memorie de tip read-only sau o memorie cu acces aleatoriu sau de la ambele. Elementele esențiale ale unui computer sunt procesorul pentru executarea instrucțiunilor și unul sau mai multe dispozitive de stocare pentru stocarea instrucțiunilor și a datelor. În general, un computer va include sau poate fi cuplat operativ pentru a primi date de la sau transfera date către, sau ambele, unul sau mai multe dispozitive de stocare de mare capacitate pentru stocarea datelor, de ex. discuri magnetice, discuri magneto-optice sau discuri optice. Cu toate acestea, nu este nevoie ca un computer să aibă astfel de dispozitive. Dispozitivele adecvate pentru stocarea instrucțiunilor de programe informatice și a datelor includ toate formele de memorie non-volatilă, medii și dispozitive de stocare.

În prezentele specificații „conține” înseamnă „include sau constă din” iar „conținând” înseamnă „incluzând sau constând din”.

(56) Referințe bibliografice citate în raportul de documentare:

- WO-A1-2012/062600
- WO-A1-2019/238064
- US-B1- 9 242 263

(57) Revendicări:

1. Un dispozitiv de furnizare a nicotinei pentru generarea unei ceți, care conține nicotină, pentru a fi inhalată de către un utilizator, dispozitivul conținând:

un generator de ceață (201) care încorporează:

o carcasă a generatorului de ceață (204) care este alungită și conține un orificiu de pătrundere a aerului (207) și un orificiu de ieșire a ceții (208);

o cameră cu lichid (218) prevăzută în interiorul carcasei generatorului de ceață (204), cameră cu lichid (218) care conține un lichid destinat atomizării, lichidul conținând sare de nicotină;

o cameră de sonificare (219) prevăzută în interiorul carcasei generatorului de ceață (204);

un element capilar (222) care se extinde între camera cu lichid (218) și camera de sonificare (219), astfel încât o primă secțiune (223) a elementului capilar (222) se află în interiorul camerei cu lichid (218) iar o a doua secțiune (224) a elementului capilar (222) se află în interiorul camerei de sonificare (219);

un traductor ultrasonic (215) care are o suprafață de atomizare, unde o parte a celei de-a doua secțiuni (224) a elementului capilar (222) este suprapusă pe o parte a suprafețe de atomizare, și unde când traductorul ultrasonic (215) este acționat de un semnal de acționare de curent alternativ suprafața de atomizare vibrează pentru a atomiza lichidul transportat de a doua secțiune (224) a elementului capilar (222) pentru a genera o ceață conținând lichidul atomizat și aer în interiorul camerei de sonificare (219); și

un sistem de circulație a aerului care oferă un traseu de circulație a aerului între orificiul de pătrundere a aerului (207), camera de sonificare (219) și orificiul de ieșire a aerului, astfel încât un

utilizator care inspiră pe la orificiul de ieșire a ceții (208) determină aspirarea aerului prin orificiul de pătrundere a aerului (207), prin camera de sonificare (219) și ieșirea lui prin orificiul de ieșire a ceții (208), iar ceața generată în camera de sonificare (219) este scoasă de fluxul de aer prin orificiul de ieșire a ceții (208) pentru a fi inhalată de utilizator, unde dispozitivul mai conține:

un dispozitiv de acționare (202) care încorporează:

o baterie (250);

caracterizat prin aceea că dispozitivul de acționare (202) mai conține:

un circuit punte-H (334) care este conectat la traductorul ultrasonic (215), unde circuitul punte-H (334) este configurat să genereze un semnal de acționare de curent alternativ pentru a acționa traductorului ultrasonic (215);

un microcip (300) conectat la circuitul punte-H (334) pentru a controla circuitul punte-H (334) ca să genereze semnalul de acționare de curent alternativ, unde microcipul (300) este o unitate individuală care cuprinde multiple componente și subsisteme încorporate și interconectate conținând:

un oscilator (315) care este configurat să genereze:

un semnal de ceas principal,

un semnal de ceas de primă fază, care într-un prim moment este ridicat în timpul jumătății de perioadă pozitivă a semnalului de ceas principal și scăzut în timpul jumătății de perioadă negativă a semnalului de ceas principal, și

un semnal de ceas de a doua fază, care într-un al doilea moment este ridicat în timpul jumătății de perioadă negativă a semnalului de ceas principal și scăzut în timpul jumătății de perioadă pozitivă a semnalului de ceas principal, unde fazele semnalului de ceas de primă fază și ale semnalului de ceas de a doua fază sunt aliniate la centru;

un subsistem (329) de generare a semnalului de modulație a duratei impulsurilor „PWM”, care conține:

o buclă cu calare pe întârziere (332) care este configurată pentru a genera un semnal de ceas cu dublă frecvență utilizând semnalul de ceas de primă fază și semnalul de ceas de a doua fază, semnalul de ceas cu dublă frecvență fiind dublul frecvenței semnalului de ceas principal, unde bucla cu calare pe întârziere este configurată să controleze tranziția ascendentă a semnalului de ceas de primă fază iar semnalul de ceas de a doua fază să fie sincron cu tranziția ascendentă a semnalului de ceas cu dublă frecvență, și unde bucla cu calare pe întârziere este configurată pentru a ajusta frecvența și factorul de umplere al semnalului de ceas de primă fază și semnalul de ceas de a doua fază ca răspuns la un semnal de control al dispozitivului de acționare pentru a produce un semnal de ieșire de primă fază și un semnal de ieșire de a doua fază, unde semnalul de ieșire de primă fază și semnalul de ieșire de a doua fază sunt configurate să acționeze circuitul punte-H (334) ca să genereze un semnal de acționare de curent alternativ pentru a acționa traductorul ultrasonic (215);

o bornă pentru semnal de ieșire de primă fază, care este configurată să emită semnalul de ieșire de primă fază către circuitul punte-H (334);

o bornă pentru semnal de ieșire de a doua fază, care este configurată să emită semnalul de ieșire de a doua fază către circuitul punte-H (334);

o bornă de intrare de feedback care este configurată să primească un semnal de feedback de la circuitul punte-H (334), semnalul de feedback indicând un parametru al funcționării circuitului punte-H (334) sau un semnal de acționare de curent alternativ când circuitul punte-H (334) acționează traductorul ultrasonic (215) cu semnalul de acționare de curent alternativ pentru a atomiza lichidul; un subsistem de convertor analog-digital „ADC” (318), care conține:

multiple borne de intrare ADC (319) care sunt configurate pentru a primi multiple semnale analogice, unde o bornă de intrare ADC dintre multiplele borne de intrare ADC (319) este conectată la borna de intrare de feedback astfel încât subsistemul ADC (318) primește semnalul de feedback de la circuitul punte-H (334) și unde subsistemul ADC (318) este configurat să eșantioneze semnale analogice primite la multiplele borne de intrare ADC (319) la o frecvență de eșantionare proporțională cu frecvența semnalului de ceas principal iar subsistemul ADC este configurat să genereze semnale digitale ADC utilizând semnalele analogice eșantionate;

subsistem cu procesor digital (316) care este configurat să primească semnalele digitale ADC de la subsistemul ADC (318) și să proceseze semnalele digitale ADC pentru a genera semnalul de control al dispozitivului de acționare, unde subsistemul cu procesor digital (316) este configurat să comunice semnalul de control al dispozitivului de acționare către subsistemul (329) de generare a semnalului PWM pentru a controla subsistemul (329) de generare a semnalului PWM; și

un subsistem de convertor digital-analog „DAC” care conține:

un convertor digital-analog „DAC” (327) care este configurat să convertească un semnal de control digital generat de subsistemul cu procesor digital (316) într-un semnal analog de control al

tensiunii pentru a controla un circuit de reglare a tensiunii care generează o tensiune pentru a fi modulată de circuitul punte-H (334); și

o bornă de ieșire DAC care este configurată pentru a emite semnalul analog de control al tensiunii pentru a controla circuitul de reglare a tensiunii pentru a genera o tensiune predeterminată pentru a fi modulată de circuitul punte-H (334) pentru a acționa traductorul ultrasonic (215) ca răspuns la semnale de feedback care indică funcționarea traductorului ultrasonic (215).

2. Dispozitivul din aserțiunea 1, unde microcipul mai conține:

un divizor de frecvență (330) care este conectat la oscilatorul (315) pentru a primi semnalul de ceas principal de la oscilatorul (315), divizorul de frecvență (330) fiind configurat să împartă semnalul de ceas principal cu un divizor predeterminat și să emită semnalul de referință pentru frecvență către bucla cu calare pe întârziere (332).

3. Dispozitivul din aserțiunea 1 sau aserțiunea 2, în care bucla cu calare pe întârziere (332) conține multiple linii de întârziere conectate capăt la capăt, unde întârzierea totală a liniilor de întârziere este egală cu perioada semnalului de ceas principal; și, opțional

unde bucla cu calare pe întârziere (332) este configurată pentru a ajusta factorul de umplere al semnalului de ceas de primă fază și al semnalului de ceas de a doua fază ca răspuns la semnalul de control al dispozitivului de acționare prin varierea întârzierii fiecărei linii de întârziere din bucla cu calare pe întârziere (332).

4. Dispozitivul din oricare dintre aserțiunile precedente, unde borna de intrare de feedback este configurată să primească un semnal de feedback de la circuitul punte-H (334) sub forma unei tensiuni care indică un curent rms al unui semnal de acționare de curent alternativ care acționează traductorul ultrasonic.

5. Dispozitivul din oricare dintre aserțiunile precedente, unde subsistemul ADC (318) conține multiple alte borne de intrare ADC care sunt configurate pentru a primi semnale de feedback care indică cel puțin o tensiune a bateriei (250) sau tensiunea unui încărcător de baterie conectat la dispozitiv.

6. Dispozitivul din oricare dintre aserțiunile anterioare, unde microcipul (300) mai conține:

un senzor de temperatură (314) care este încorporat în microcip (300), unde senzorul de temperatură (314) este configurat să genereze un semnal de temperatură care indică temperatura microcipului (300) și unde semnalul de temperatură este primit de o altă bornă de intrare ADC a subsistemului ADC (318) iar semnalul de temperatură este eșantionat de ADC.

7. Dispozitivul din oricare dintre aserțiunile precedente, unde subsistemul ADC (318) este configurat să eșantioneze succesiv semnale primite la multiplele borne de intrare ADC (319), cu fiecare semnal fiind eșantionat de subsistemul ADC (318) de un număr predeterminat de ori; și opțional

unde microcipul (300) mai conține:

un subsistem de încărcare baterie care este configurat să controleze încărcarea bateriei (250).

8. Dispozitivul din oricare dintre aserțiunile anterioare, unde subsistemul DAC conține: încă un convertor digital-analog „DAC” (327) care este configurat să convertească încă un semnal de control digital generat de subsistemul cu procesor digital (316) în încă un semnal analog de control al tensiunii pentru a controla circuitul de reglare a tensiunii.

9. Dispozitivul din oricare dintre revendicările anterioare, unde dispozitivul mai conține:

încă un alt microcip (301), unde acest alt microcip (301) reprezintă o unitate individuală care cuprinde multiple componente și subsisteme încorporate și interconectate, conținând:

o primă bornă de alimentare;

o a doua bornă de alimentare;

circuitul punte H (334) care încorporează un prim întrerupător, un al doilea întrerupător, un al treilea întrerupător și un al patrulea întrerupător, unde:

primul întrerupător și al treilea întrerupător sunt conectate în serie între prima bornă de alimentare și a doua bornă de alimentare;

o primă bornă de ieșire este conectată electric între primul întrerupător și al treilea întrerupător, unde prima bornă de ieșire este conectată la o primă bornă a traductorului ultrasonic (215),

al doilea întrerupător și al patrulea întrerupător sunt conectate în serie între prima bornă de alimentare și a doua bornă de alimentare, și

o a doua bornă de ieșire este conectată electric între al doilea întrerupător și al patrulea întrerupător, unde a doua bornă de ieșire este conectată la o a doua bornă a traductorului ultrasonic (215);

o bornă de primă fază care este configurată să primească semnalul de ieșire de primă fază de la subsistemul (329) de generare a semnalului de modulație a duratei impulsurilor „PWM”;

o bornă de a doua fază, care este configurată să primească un semnal de ieșire de a doua fază de la subsistemul (329) de generare a semnalului PWM;

o mașină de stare digitală (337) care este configurată să genereze semnale de sincronizare bazate pe semnalul de ieșire de prima fază și semnalul de ieșire de a doua fază și să emită semnalele de sincronizare către întrerupătoarele circuitului punte-H (334) pentru a controla întrerupătoarele ca acestea să pornească și oprească într-o secvență astfel încât circuitul punte-H (334) să emită un semnal de acționare de curent alternativ pentru acționarea traductorului ultrasonic (215), unde secvența conține o perioadă liberă în care primul întrerupător și al doilea întrerupător sunt oprite iar al treilea întrerupător și al patrulea întrerupător sunt pornite pentru a disipa energia stocate de traductorul ultrasonic (215);

un senzor de curent (335) care încorporează:

un prim rezistor de detectare a curentului care este conectat în serie între primul întrerupător și prima bornă de alimentare;

un prim senzor de tensiune (344) care este configurat să măsoare căderea de tensiune la primul rezistor de detectare a curentului și să furnizeze o primă ieșire pentru semnal de tensiune care indică curentul care trece prin primul rezistor de detectare a curentului;

un al doilea rezistor de detectare a curentului care este conectat în serie între al doilea întrerupător și prima bornă de alimentare;

un al doilea senzor de tensiune (345) care este configurat să măsoare căderea de tensiune la al doilea rezistor de detectare a curentului și să furnizeze o a doua ieșire pentru semnal de tensiune care indică curentul care trece prin al doilea rezistor de detectare a curentului; și

o bornă de ieșire a senzorului de curent (335) care este configurată să furnizeze o tensiune de ieșire rms în raport cu împământarea care este echivalentă cu prima ieșire pentru semnal de tensiune și a doua ieșire pentru semnal de tensiune, unde tensiunea de ieșire rms indică un curent rms care circulă prin primul întrerupător sau al doilea întrerupător și curentul care circulă prin traductorul ultrasonic (215) care este conectat între prima bornă de ieșire și a doua bornă de ieșire.

10. Dispozitivul din aserțiunea 9, unde circuitul punte-H (334) este configurat să emită o putere de 22 W până la 50 W către traductorul ultrasonic (215) care este conectat la prima bornă de ieșire și a doua bornă de ieșire; și opțional

unde microcipul suplimentar (301) conține:

un senzor de temperatură (336) care este încorporat în microcipul suplimentar (301), unde senzorul de temperatură (336) este configurat să

măsoare temperatura microcipului suplimentar (301) și să dezactiveze ce puțin o parte a microcipului suplimentar (301) în cazul în care senzorul de temperatură (336) detectează că microcipul suplimentar (301) este la o temperatură care depășește un prag predeterminat; și opțional

unde dispozitivul mai conține:

un circuit convertor ridicător de tensiune (305) care este configurat să majoreze tensiunea unei baterii (250) la o tensiune intensificată ca răspuns la semnalul analog de ieșire tensiune de la borna de ieșire DAC, unde circuitul convertor ridicător de tensiune (305) este configurat să furnizeze tensiunea intensificată la prima bornă de alimentare astfel încât tensiunea intensificată este modulată prin comutarea întrerupătoarelor din circuitul punte-H (334).

11. Dispozitivul din aserțiunile 9 sau 10, unde senzorul de curent (335) este configurat să detecteze curentul care trece prin traductorul ultrasonic în timpul perioadei libere iar mașina de stare digitală (337) este configurată să adapteze semnalele de sincronizare pentru a conecta fie primul întrerupător sau al doilea întrerupător când senzorul de curent (335) detectează că curentul care trece prin traductorul ultrasonic în timpul perioadei libere este zero.

12. Dispozitivul din oricare dintre aserțiunile 9 până la 11, unde într-o fază de configurare a dispozitivului microcipul suplimentar (301) este configurat să:

măsoare timpul de care are nevoie curentul care circulă prin traductorul ultrasonic ca să scadă la zero când primul întrerupător și al doilea întrerupător sunt oprite iar al treilea întrerupător și al patrulea întrerupător sunt pornite; și

seteze durata perioadei libere să fie egală cu durata de timp măsurată.

13. Dispozitivul din oricare dintre revendicările anterioare, unde dispozitivul mai conține:

un procesor pentru controlul dispozitivului de acționare (202); și

o memorie care stochează instrucțiuni care, atunci când sunt executate de procesor, fac ca dispozitivul de acționare (202) să:

A. controleze dispozitivul de acționare (202) să emită un semnal de acționare de curent alternativ către traductorul ultrasonic (215) la o frecvență de baleiaj;

B. calculeze puterea activă utilizată de traductorul ultrasonic (215) pe baza semnalului de feedback;

C. controleze dispozitivul de acționare (202) să moduleze semnalul de acționare de curent alternativ pentru a maximiza puterea activă utilizată de traductorul ultrasonic (215);

D. stocheze în memorie o înregistrare cu puterea activă maximă utilizată de traductorul ultrasonic (215) și frecvența de baleiaj a semnalului de acționare de curent alternativ;

E. repete pașii A-D de un număr predeterminat de ori, cu frecvența de baleiaj crescând sau scăzând la fiecare repetiție, astfel încât, după ce s-a ajuns la numărul de repetiții predeterminat, frecvența de baleiaj a crescut sau scăzut de la o frecvență de baleiaj inițială la o frecvență de baleiaj finală;

F. identifice din înregistrările stocate în memorie frecvența optimă a semnalului de acționare de curent alternativ care este frecvența de baleiaj a semnalului de acționare de curent alternativ la care traductorul ultrasonic utilizează maximul de putere activă (215); și

G. controleze dispozitivul de acționare să emită un semnal de acționare de curent alternativ către traductorul ultrasonic (215) la frecvența optimă pentru a acționa traductorul ultrasonic (215) ca să atomizeze un lichid.

14. Dispozitivul din aserțiunea 13, unde frecvența de baleiaj inițială este de 2900kHz iar frecvența de baleiaj finală este de 3100kHz.

15. Dispozitivul din oricare dintre revendicările anterioare, unde dispozitivul de acționare (202) este atașat, însă nu fixat, de generatorul de ceață (201), astfel încât dispozitivul de acționare (202) poate fi separat de generatorul de ceață (201), și

opțional, unde lichidul conține o sare din levulinat de nicotină la un raport molar de 1:1 (acid levulinic:nicotină).

45

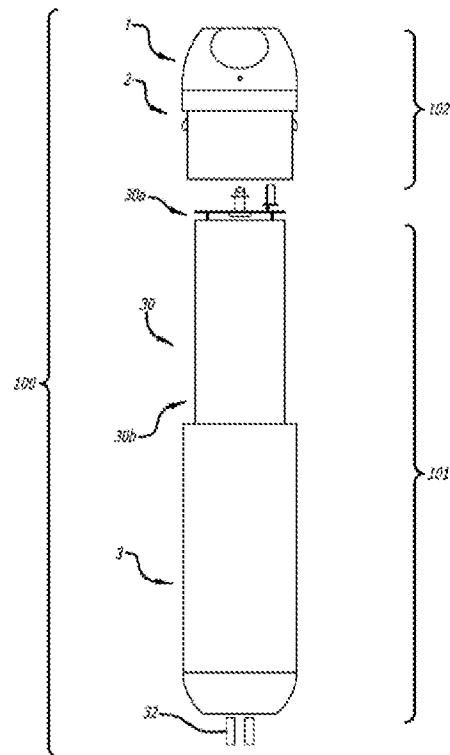


FIG. 1

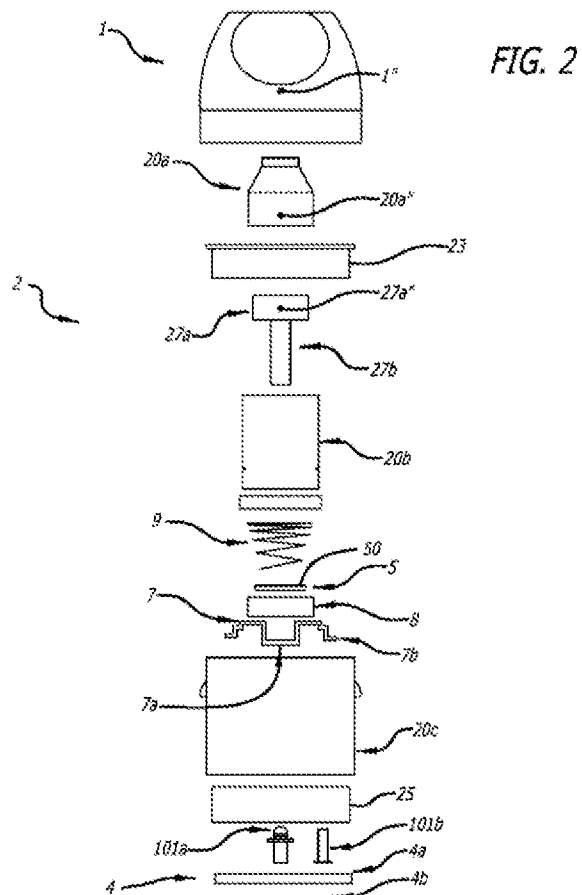


FIG. 2

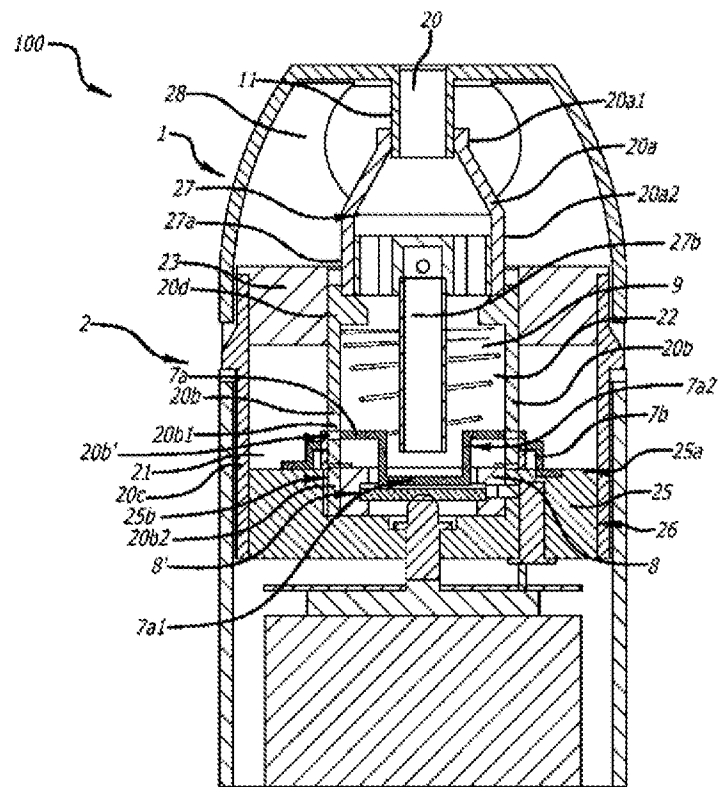


FIG. 3

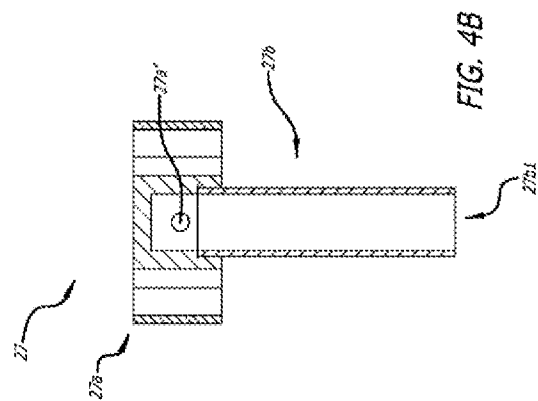


FIG. 4B

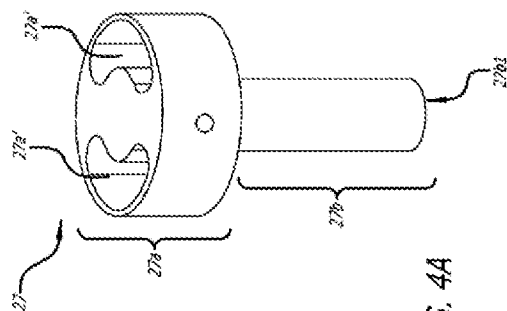
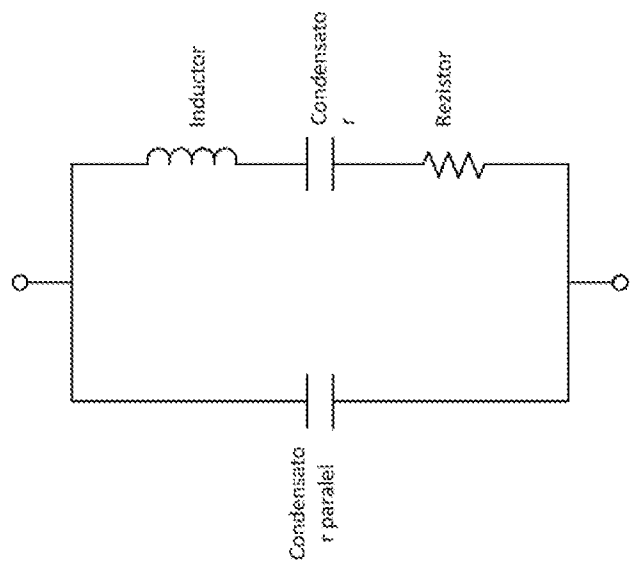
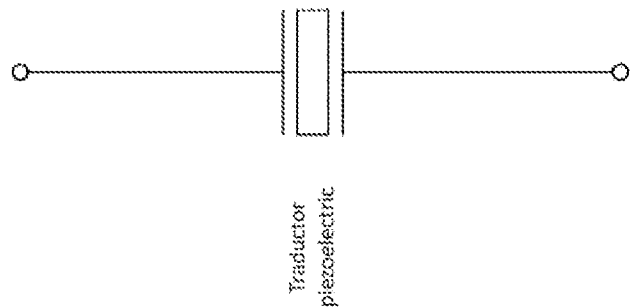


FIG. 4A



Componente ale traductorului
piezoelectric într-un circuit

FIG. 5



Traductor
piezoelectric

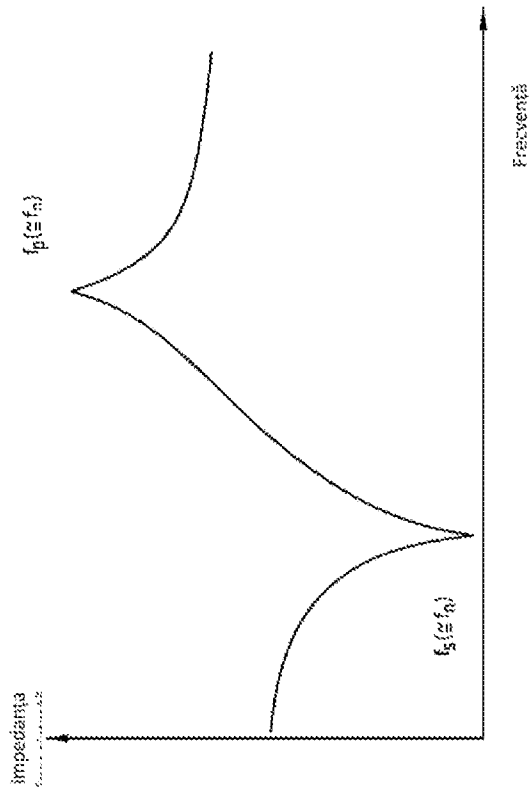
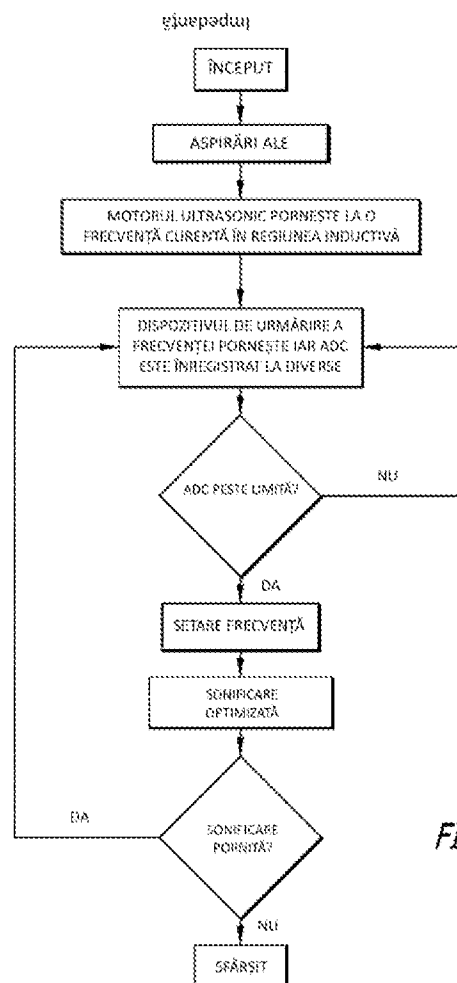
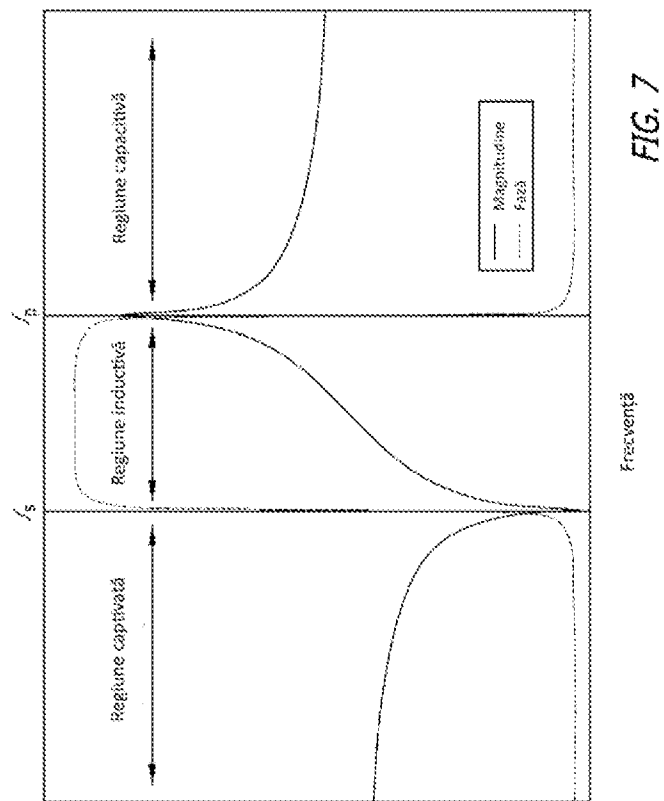


FIG. 6



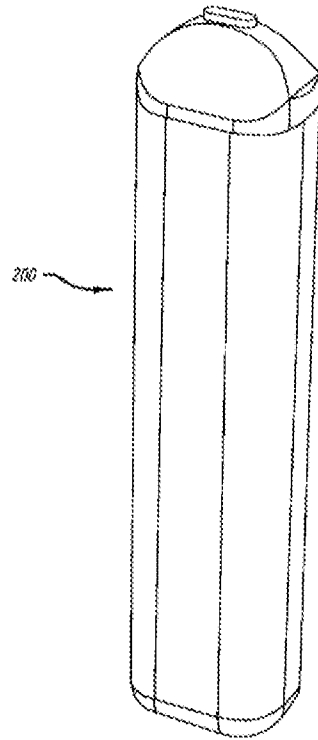


FIG. 9

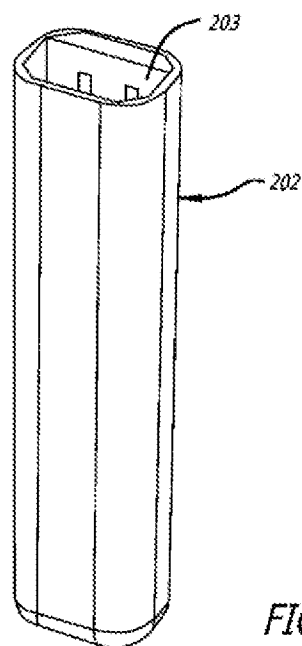
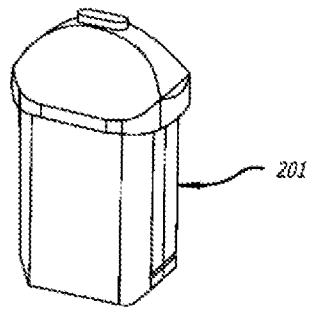
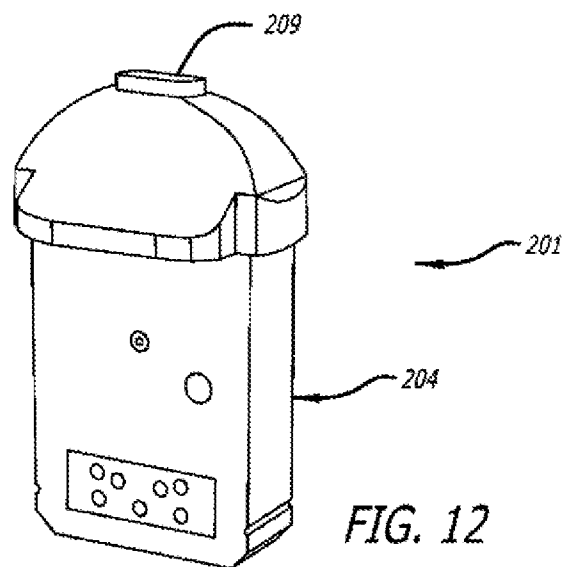
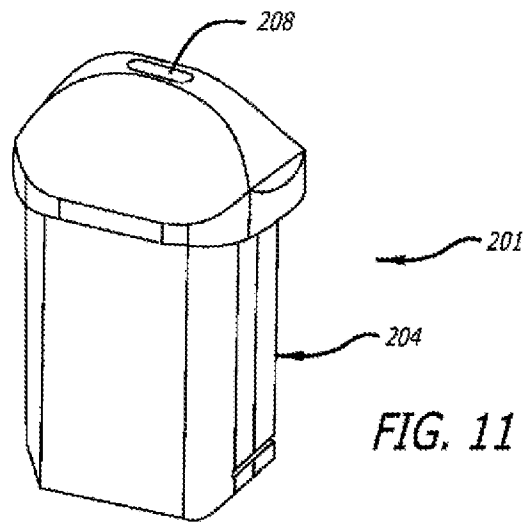


FIG. 10

50



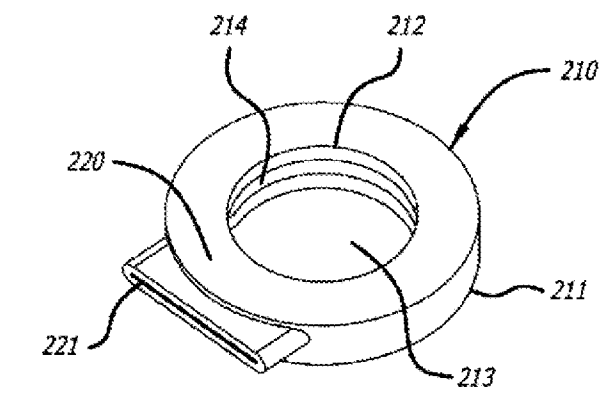
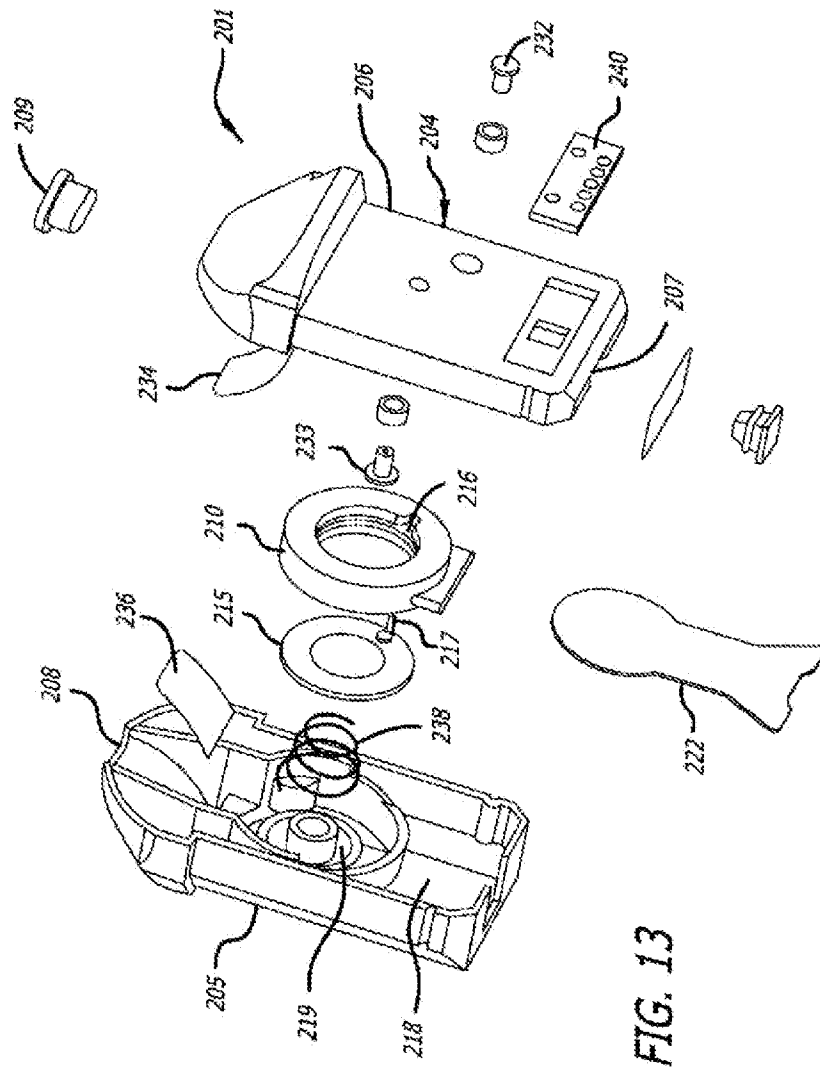


FIG. 14

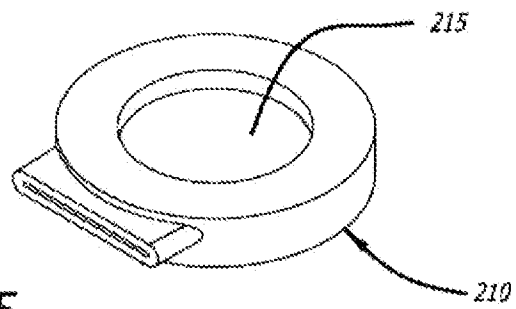


FIG. 15

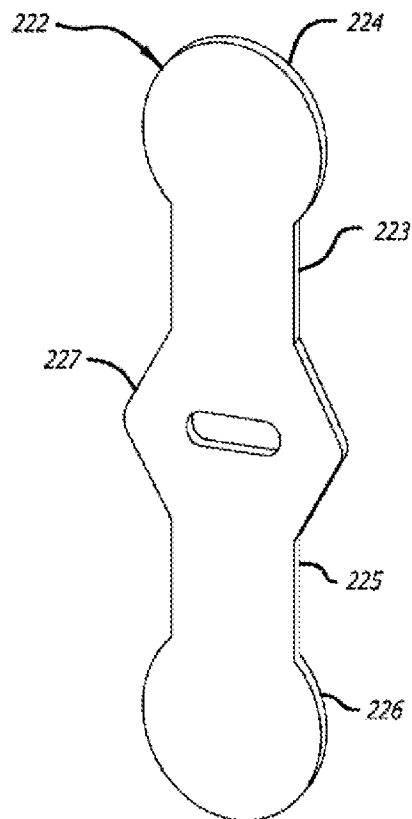


FIG. 16

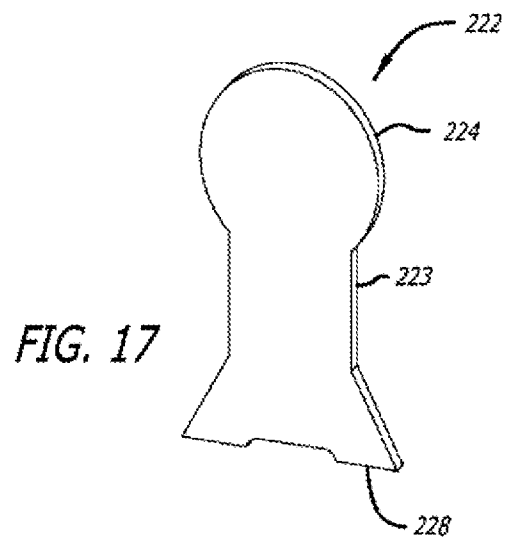
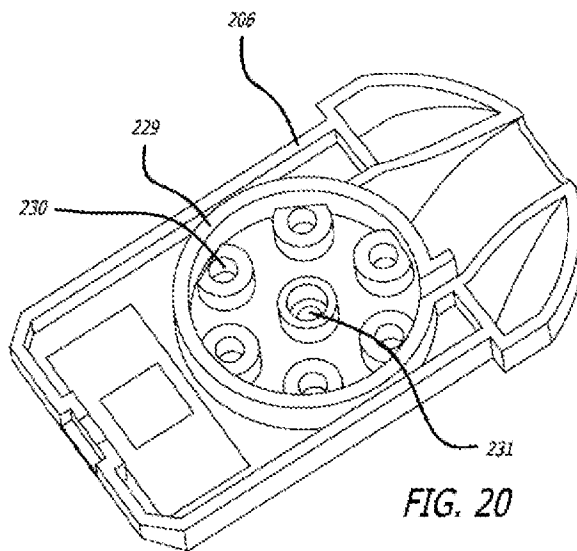
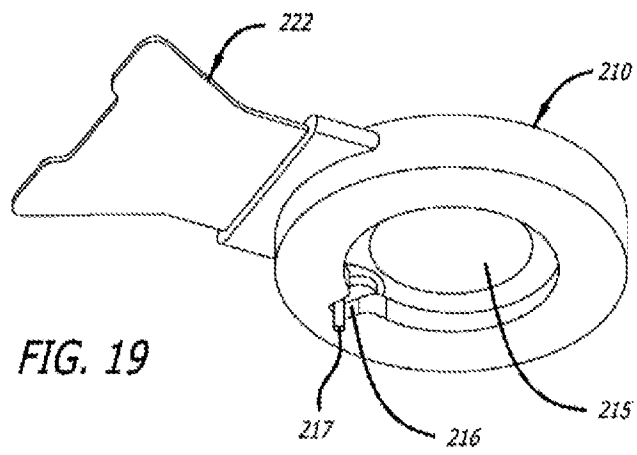
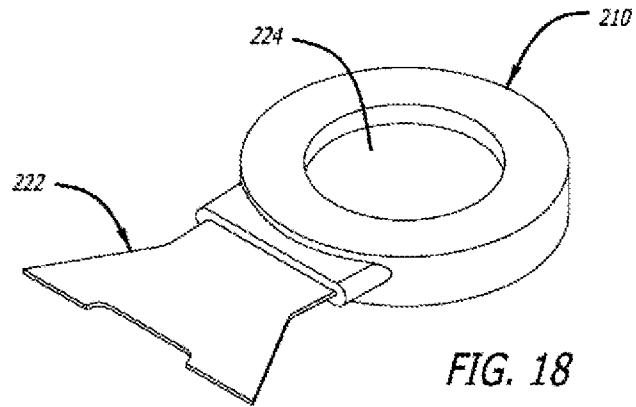


FIG. 17



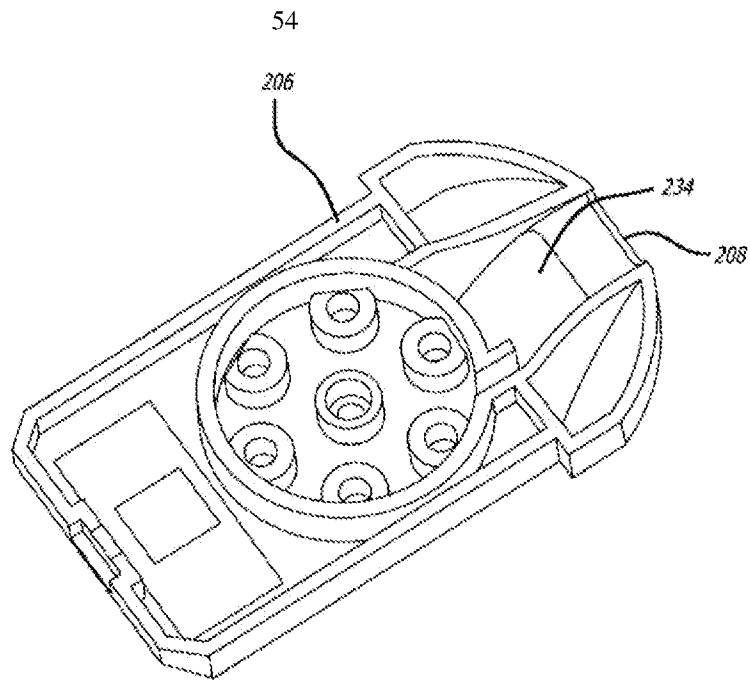


FIG. 22

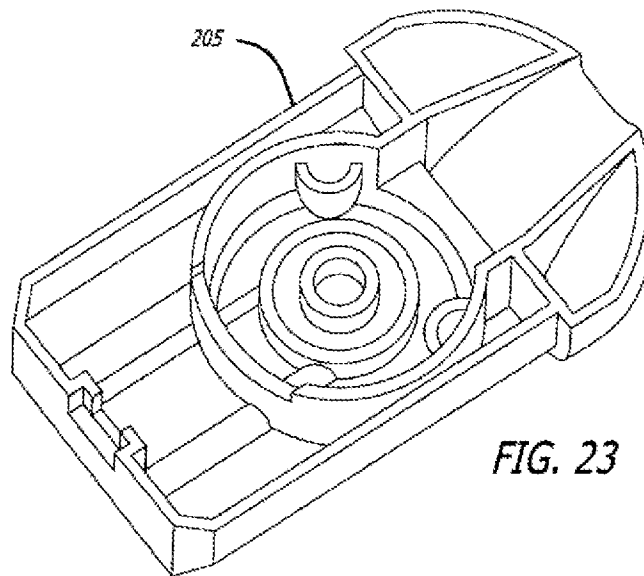


FIG. 23

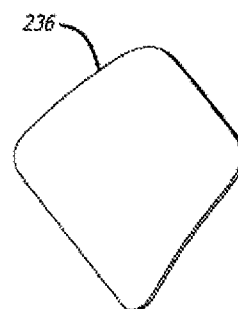


FIG. 24

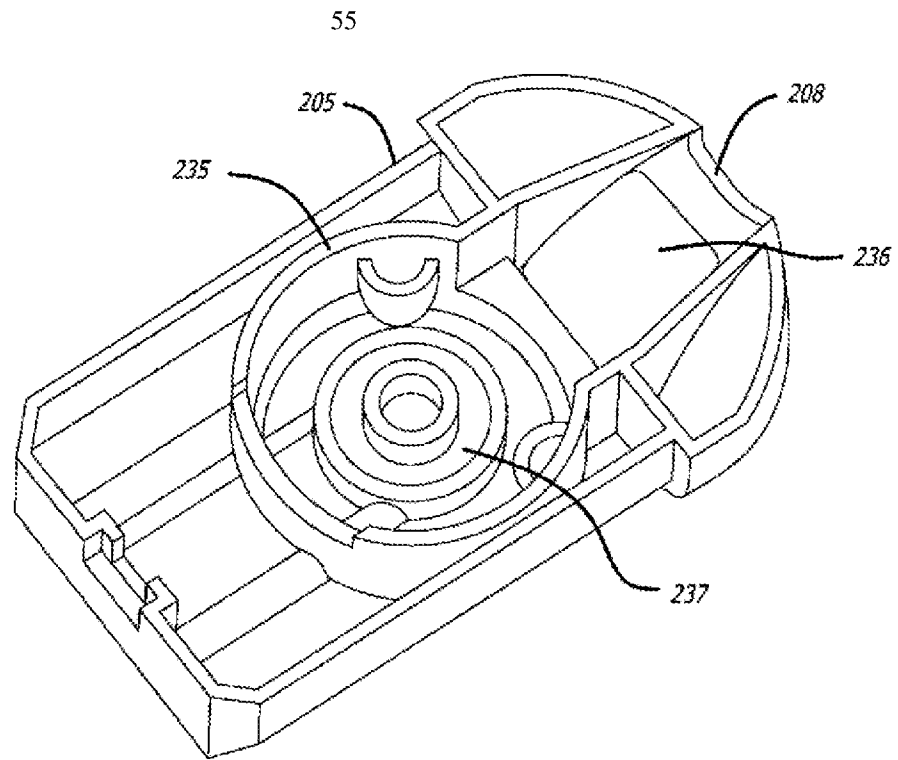


FIG. 25

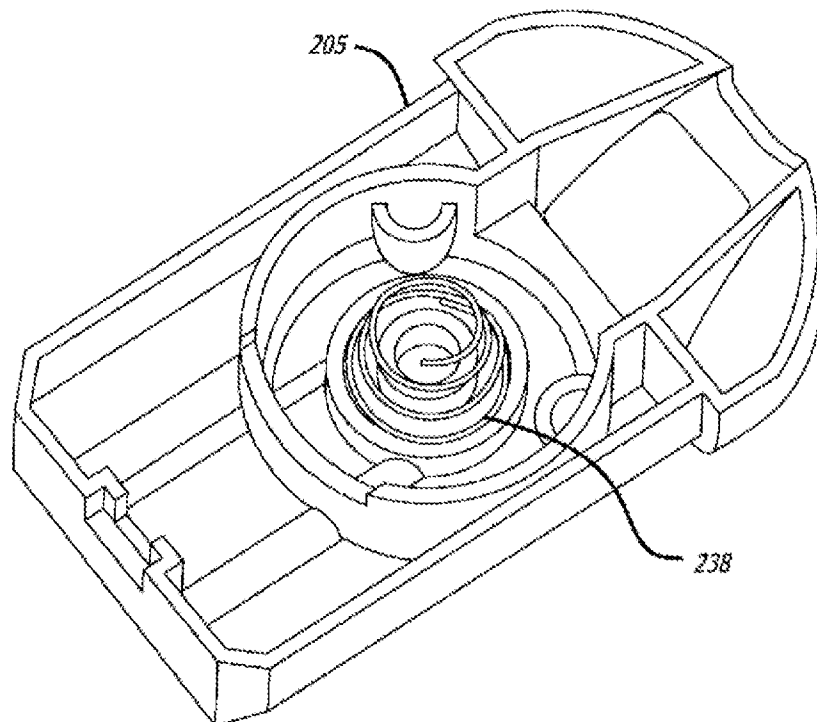


FIG. 26

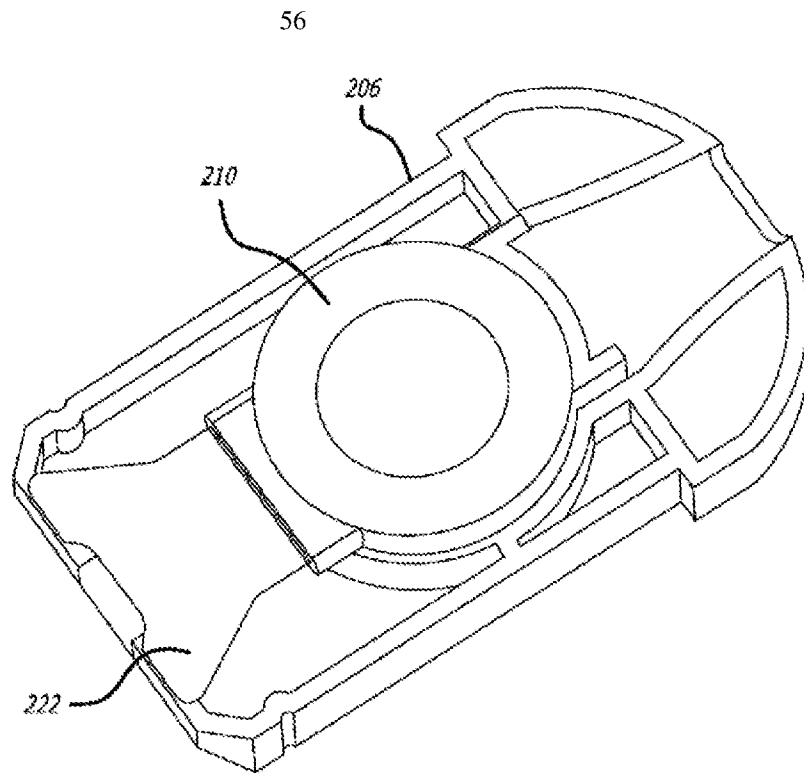


FIG. 27

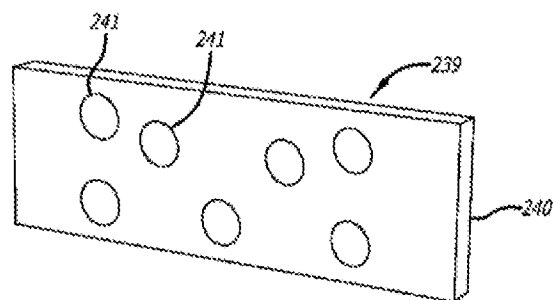


FIG. 28

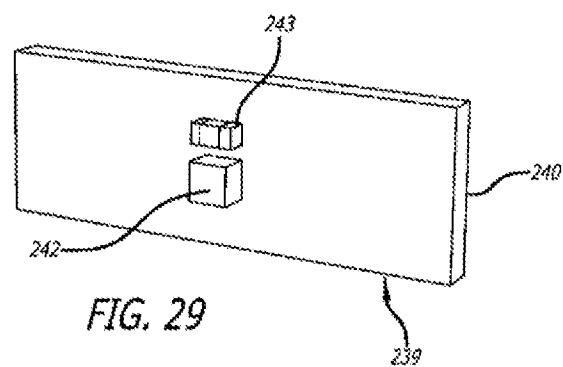


FIG. 29

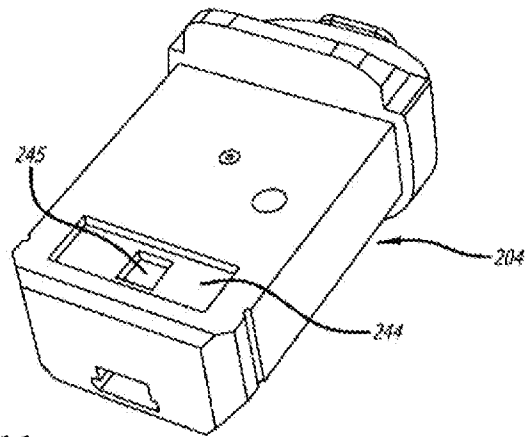


FIG. 30

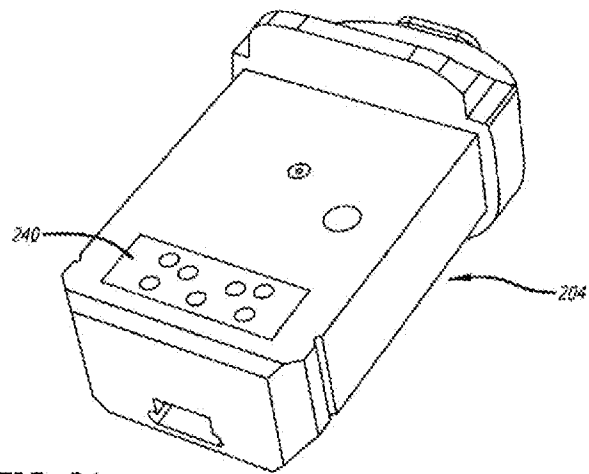
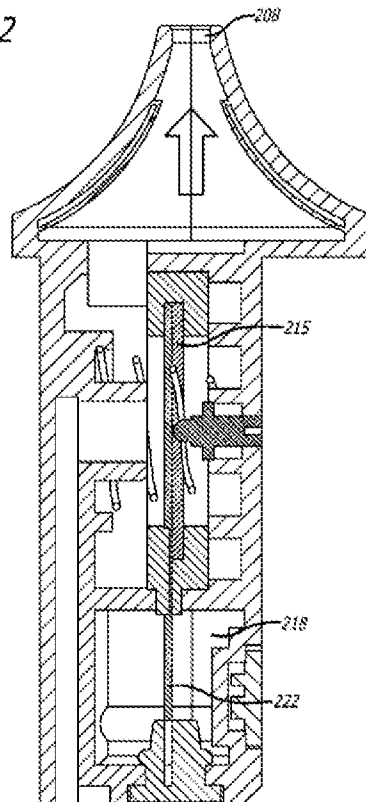


FIG. 31

FIG. 32



58

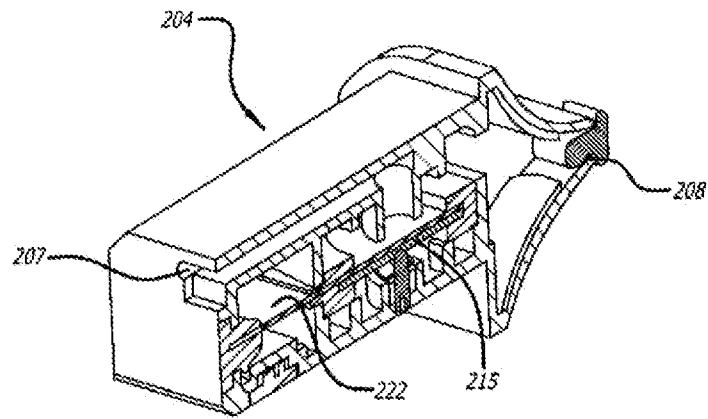


FIG. 33

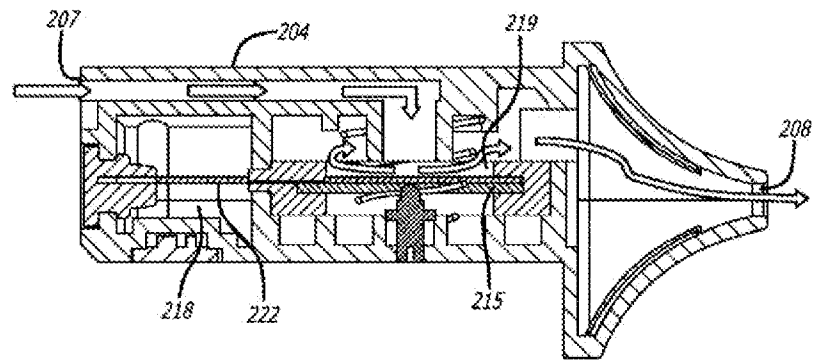


FIG. 34

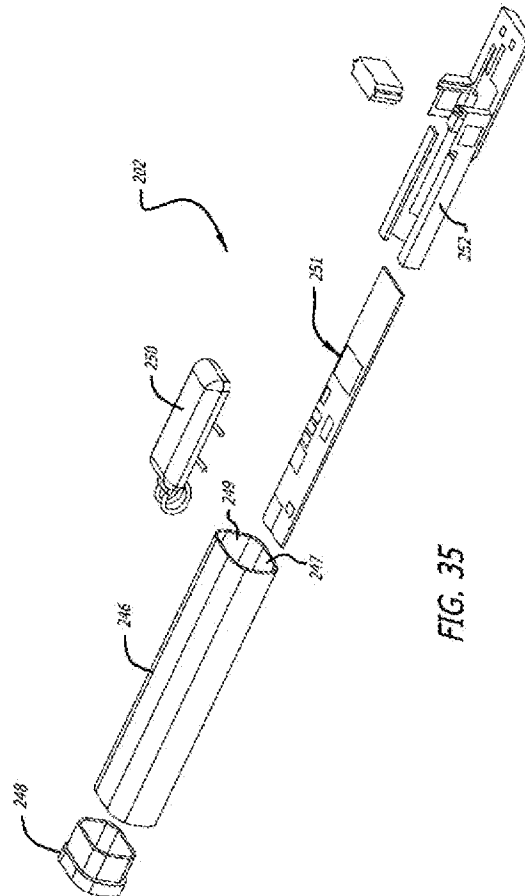
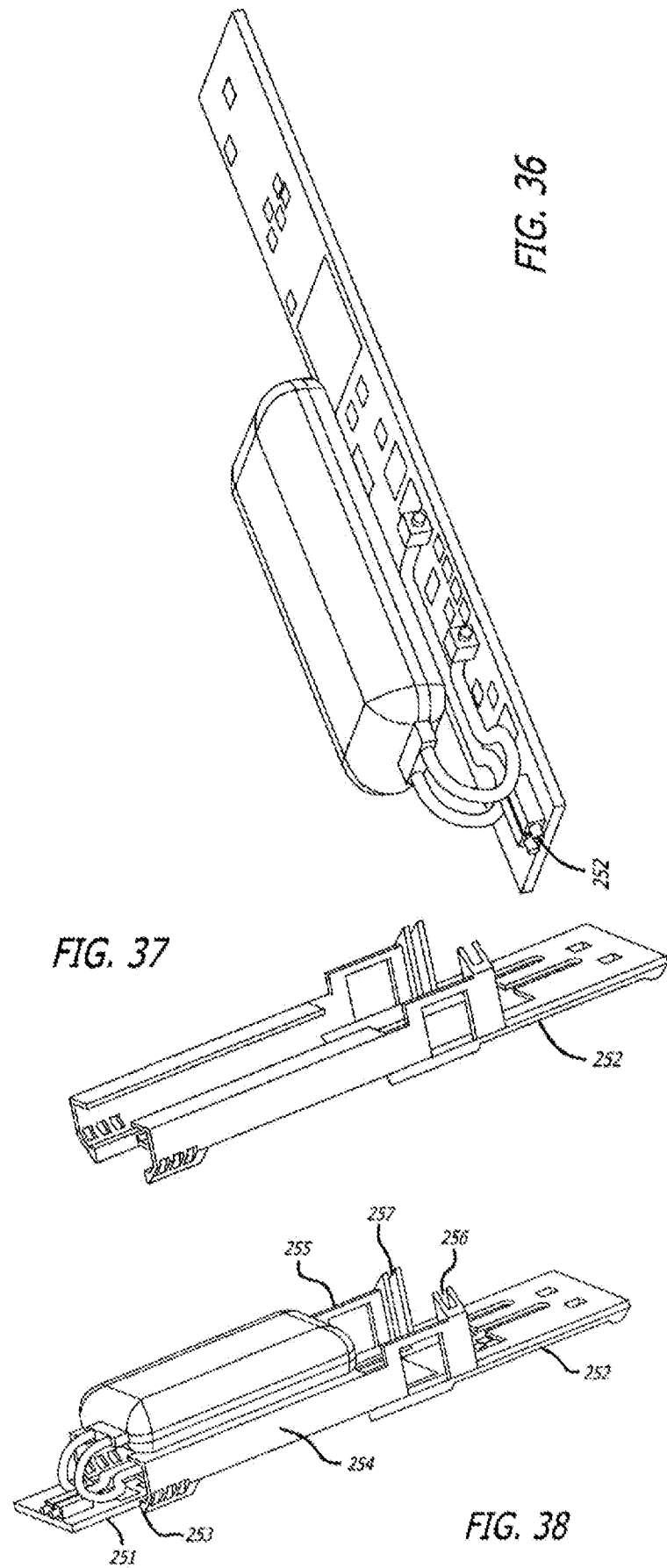


FIG. 35

59



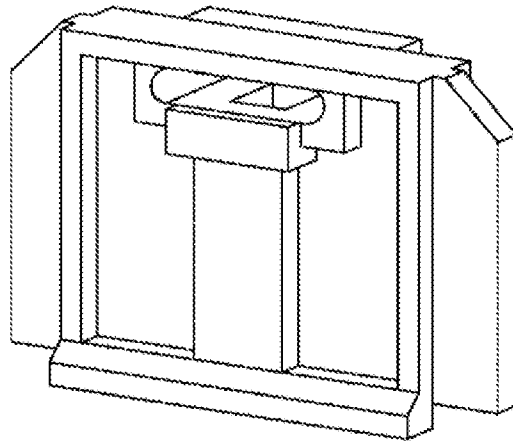


FIG. 39

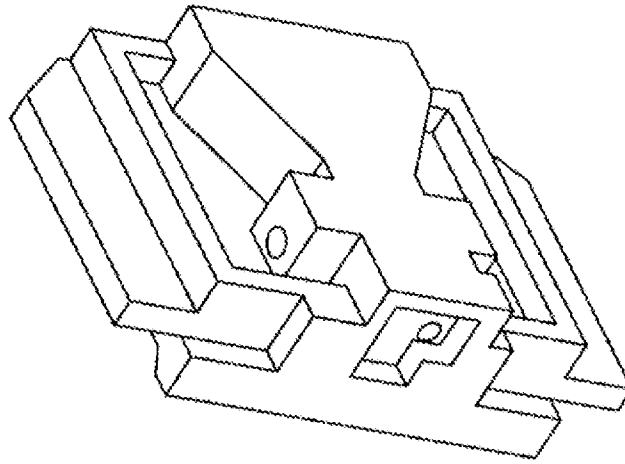


FIG. 40

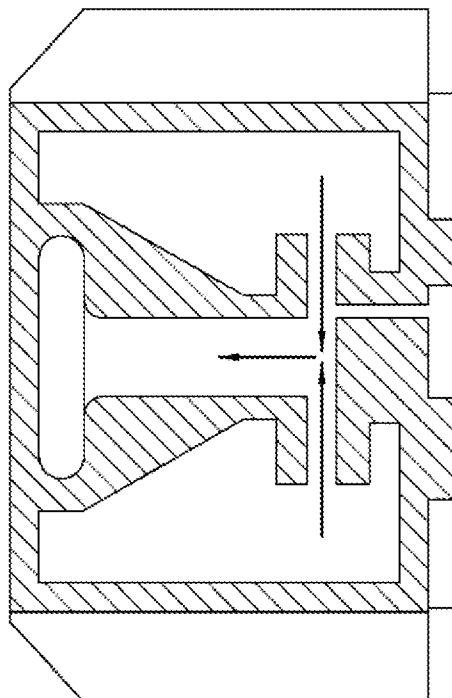


FIG. 41

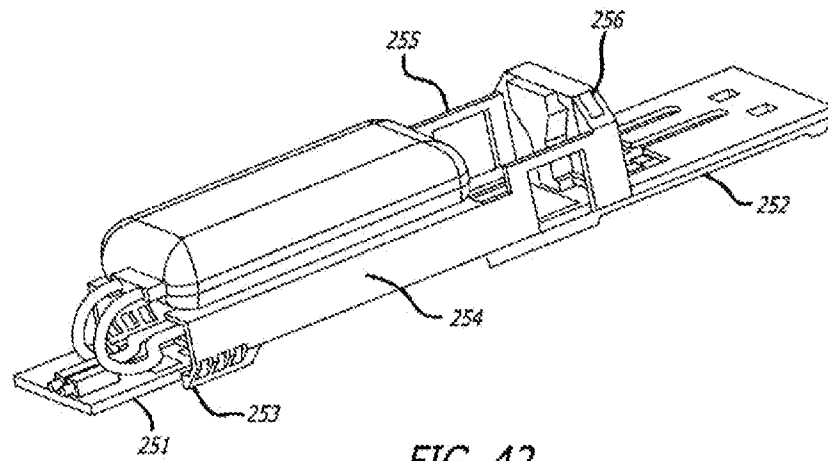
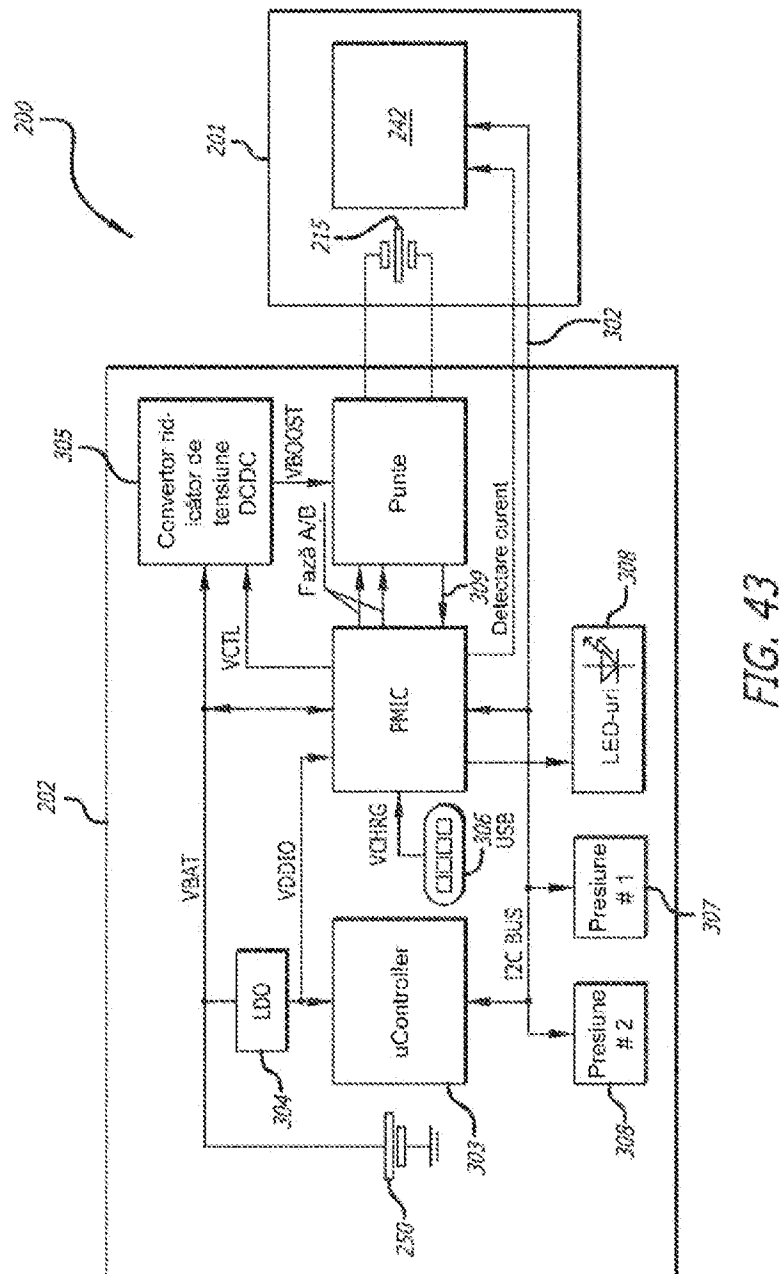


FIG. 42



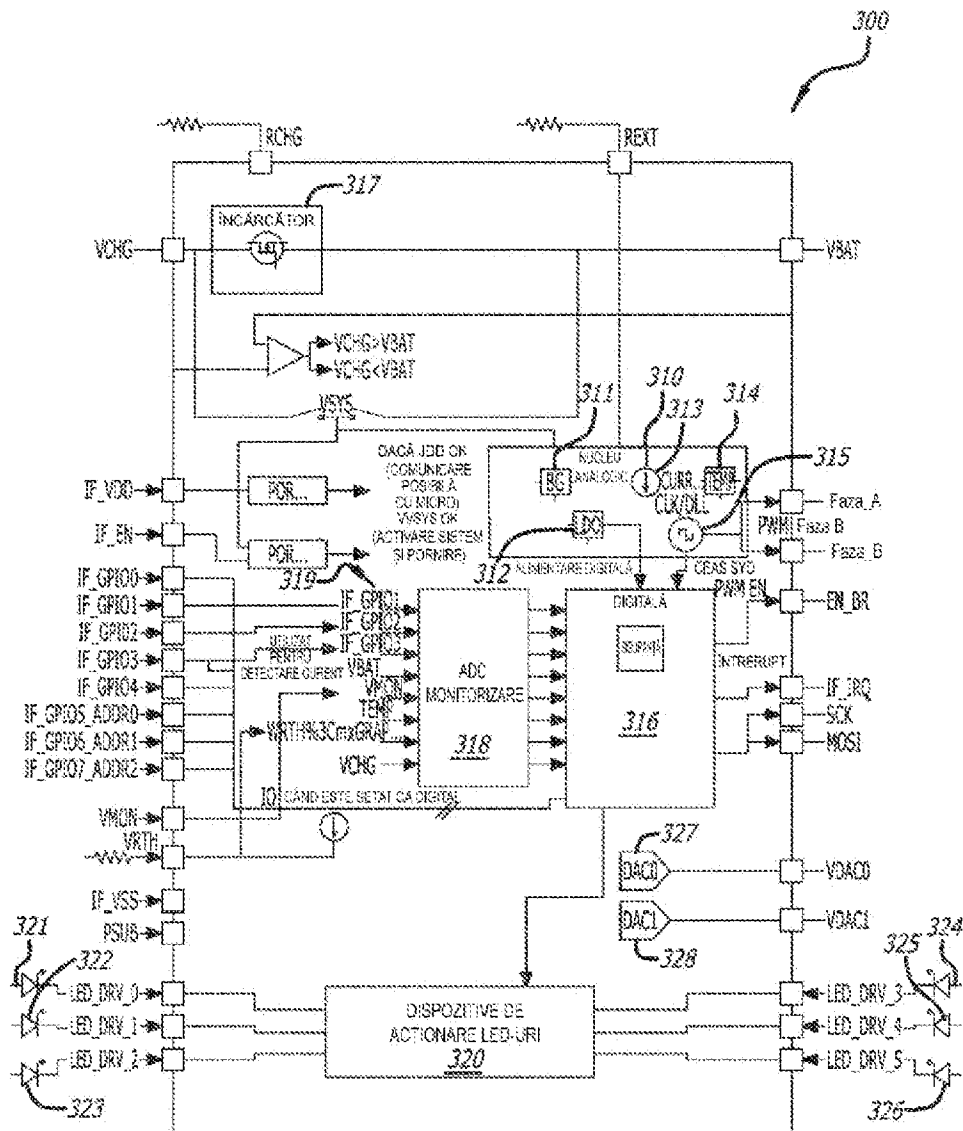
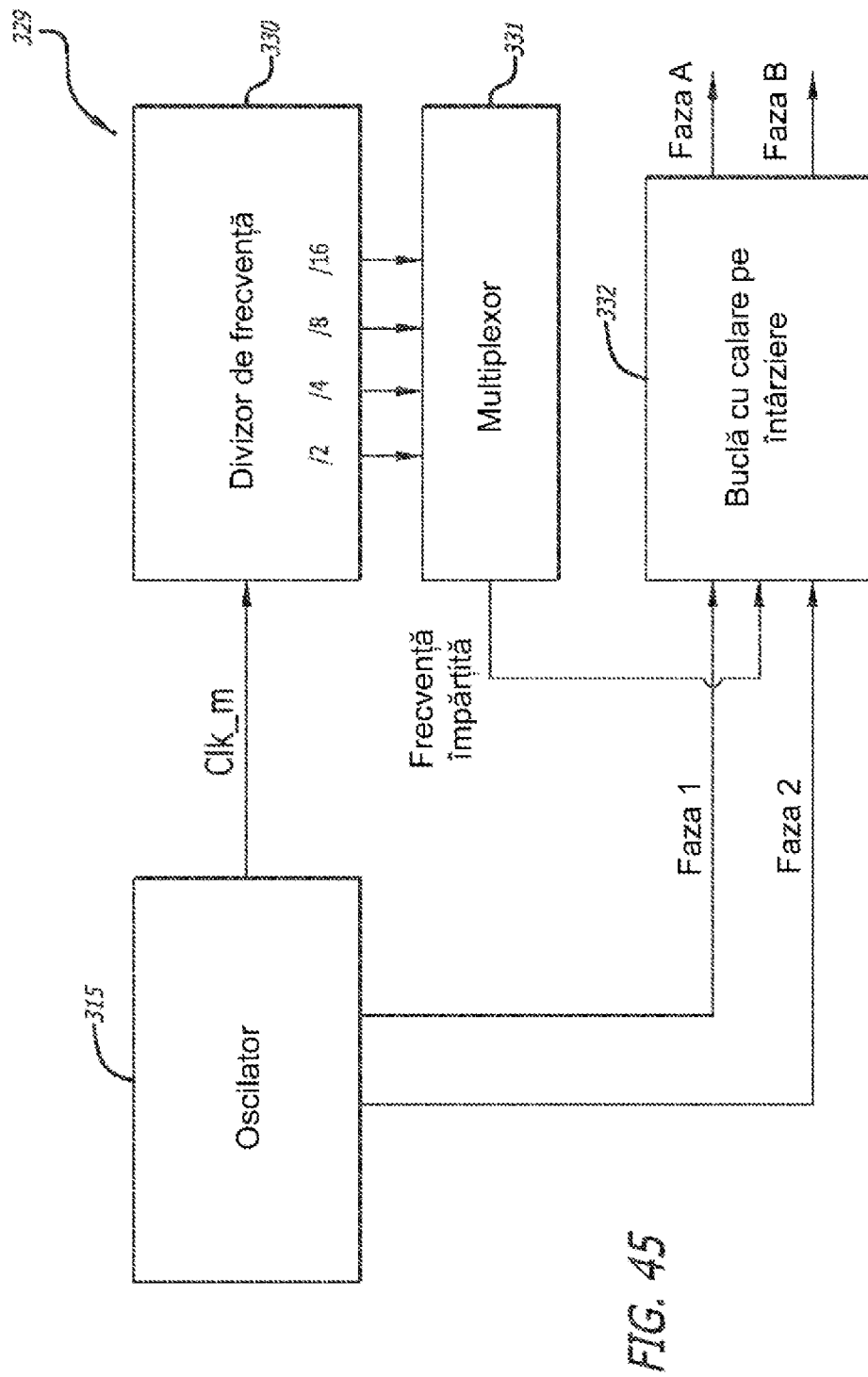


FIG. 44



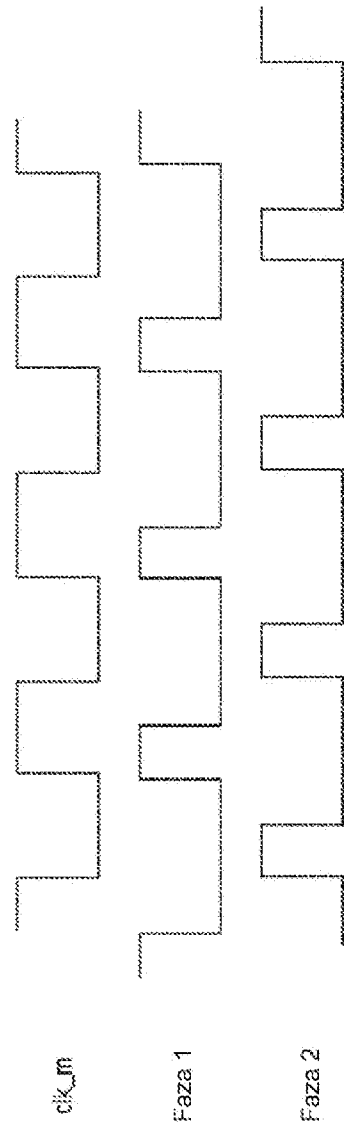


FIG. 46

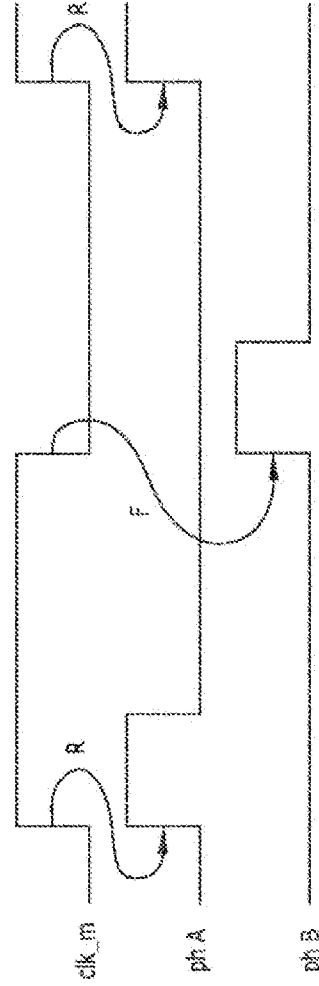
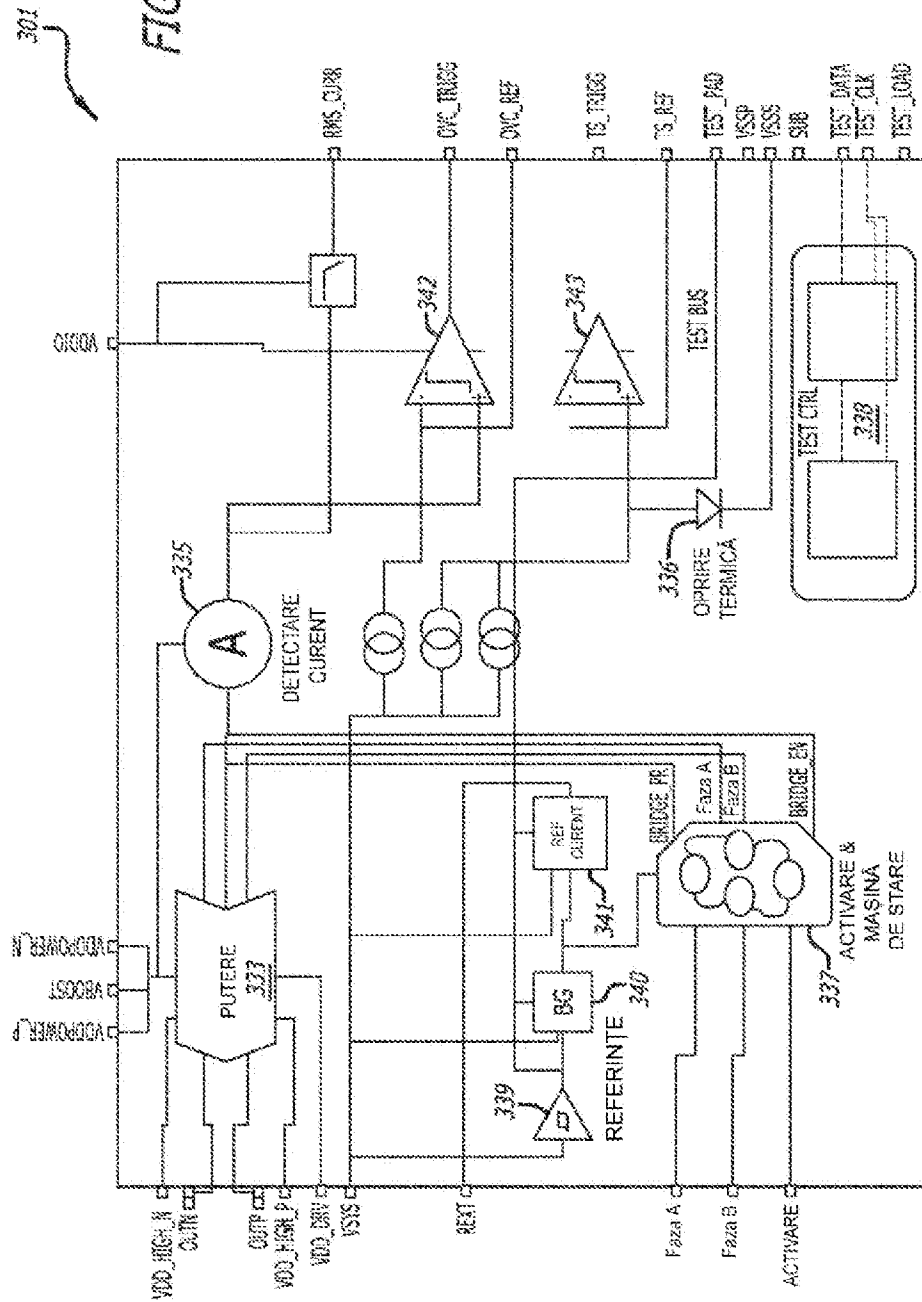


FIG. 47

Port #	Funcție primară	Funcție secundară
GPIO 0	GPIO digital	utilizat pentru testare cip
GPIO 1	GPIO digital	canal ADC 0
GPIO 2	GPIO digital	canal ADC 1
GPIO 3	curent rms	GPIO digital
GPIO 4	GPIO digital	utilizat pentru testare cip
GPIO 5	GPIO digital	adresă 12C selectare ADR0
GPIO 6	GPIO digital	adresă 12C selectare ADR1
GPIO 7	GPIO digital	adresă 12C selectare ADR2

FIG. 48

62



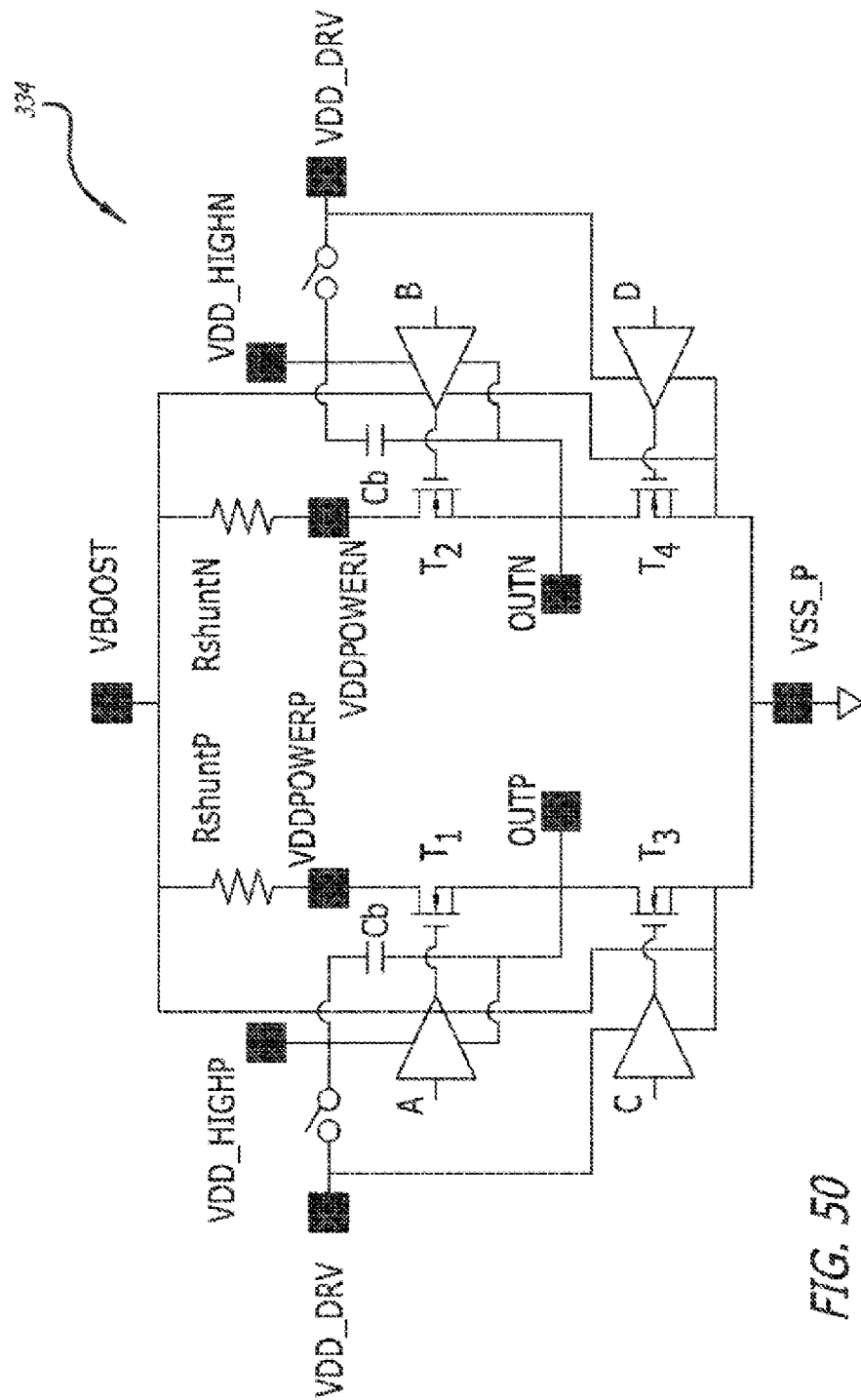


FIG. 50

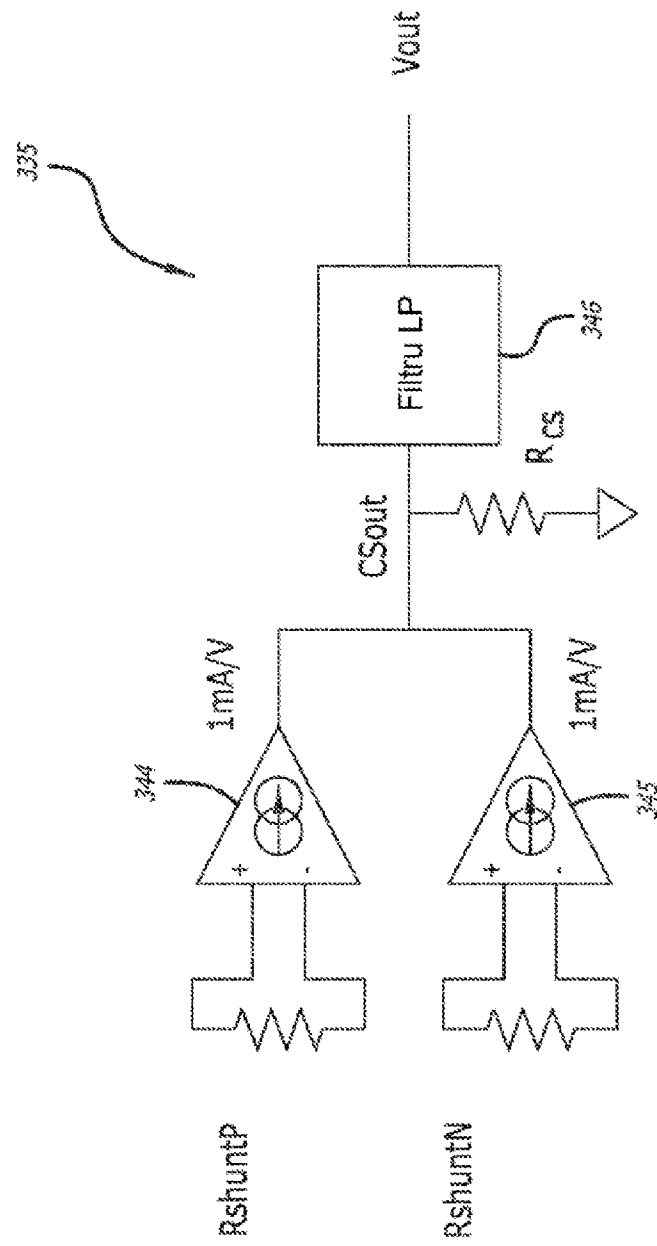
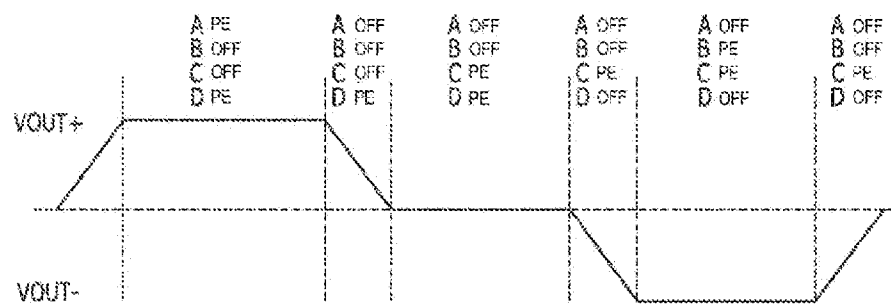
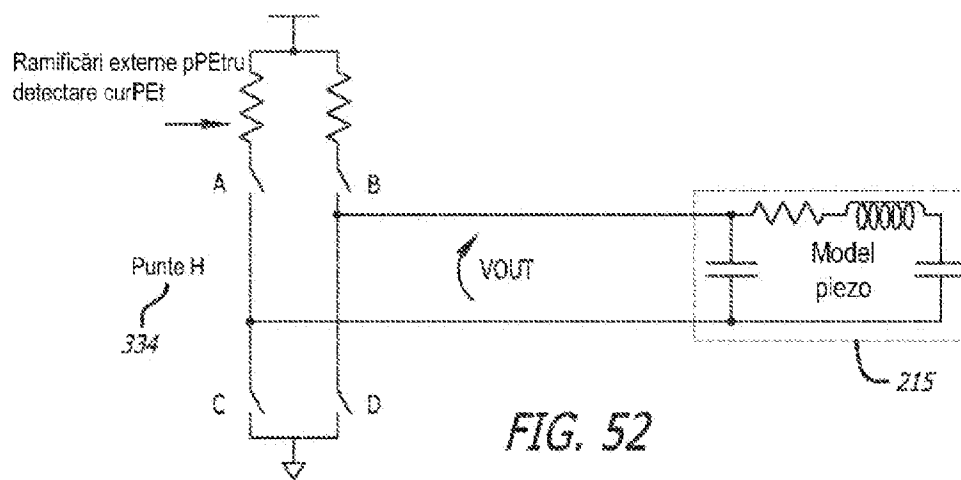


FIG. 51



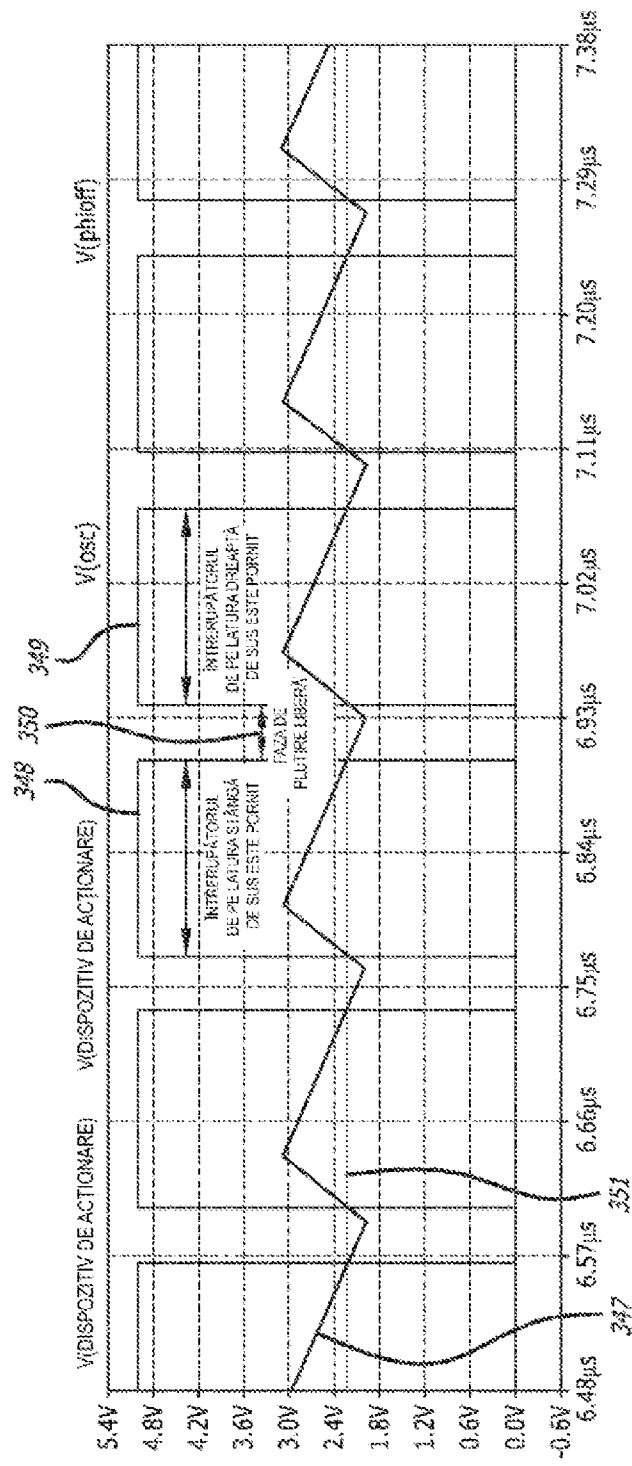


FIG. 54

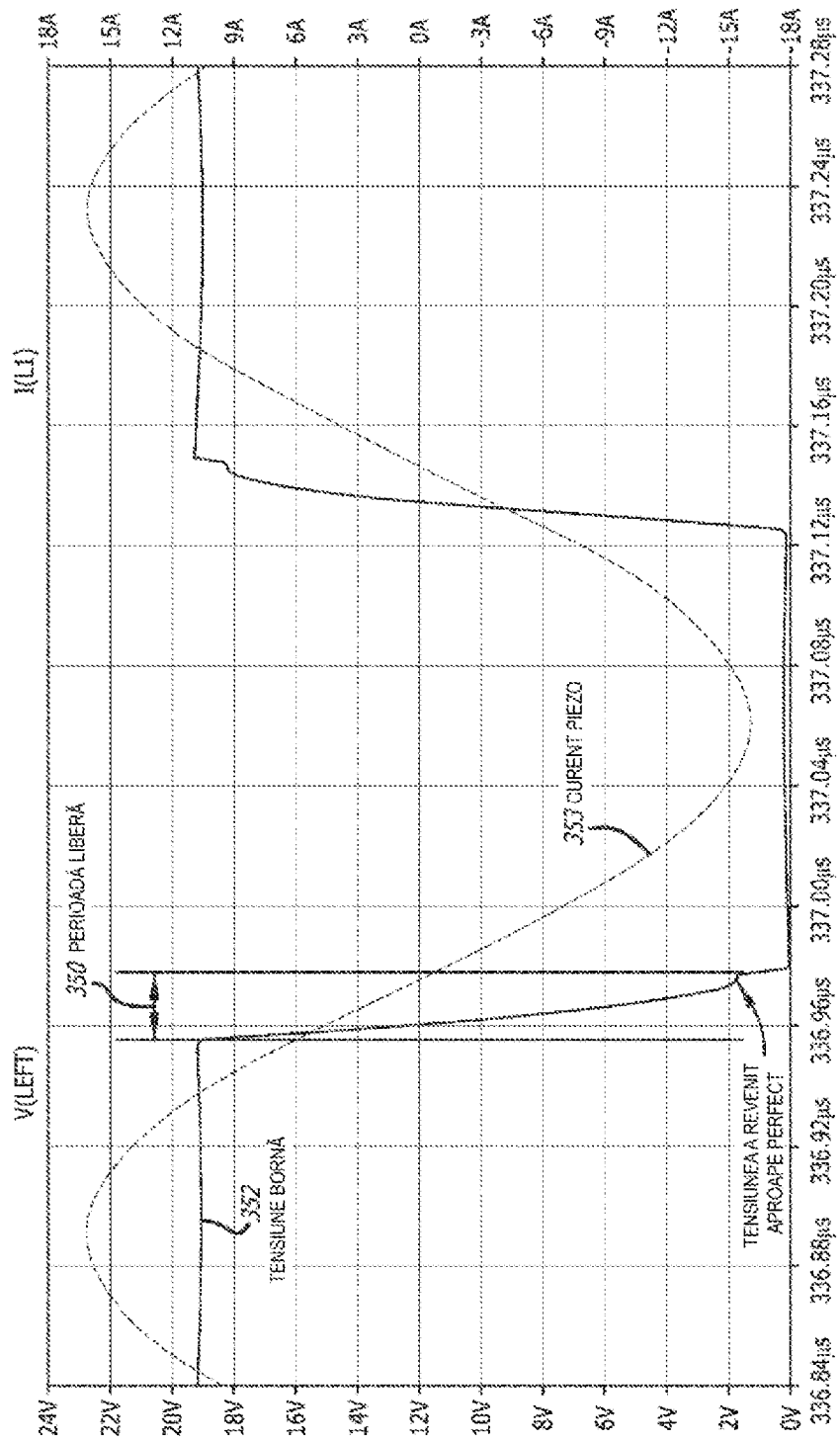


FIG. 55

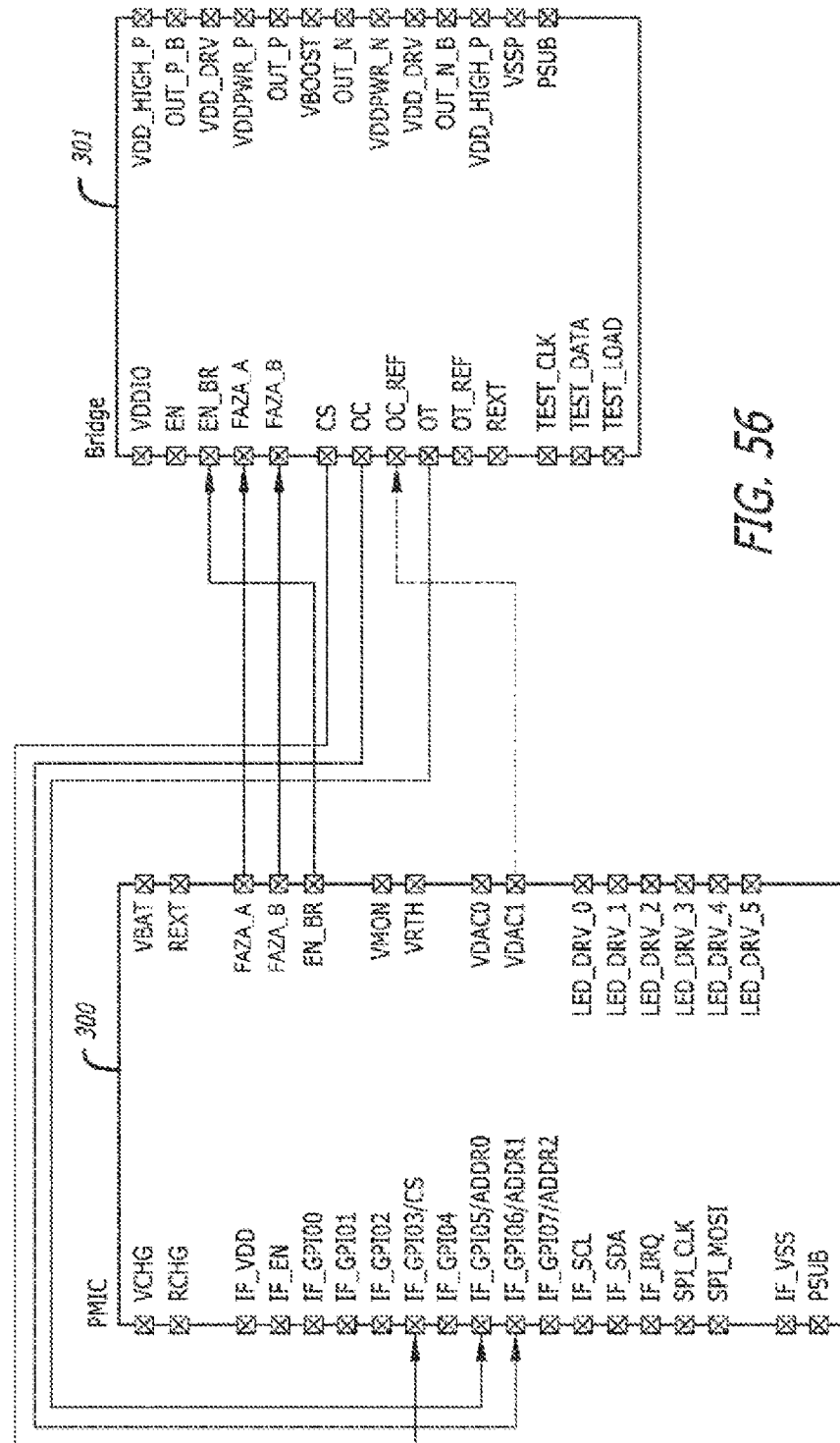


FIG. 56

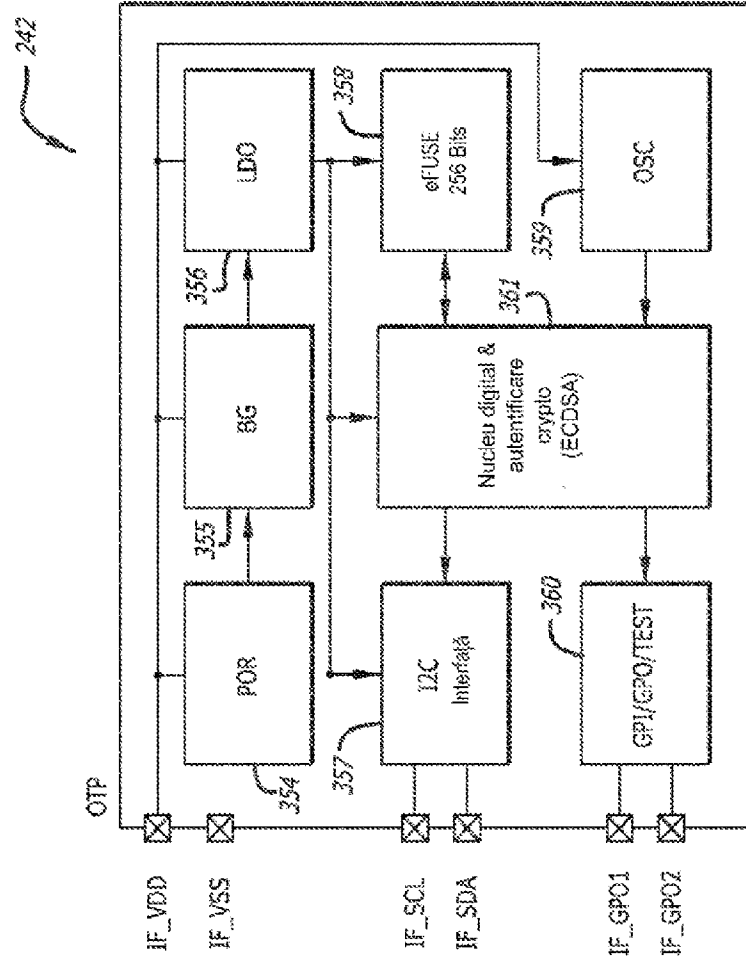


FIG. 57

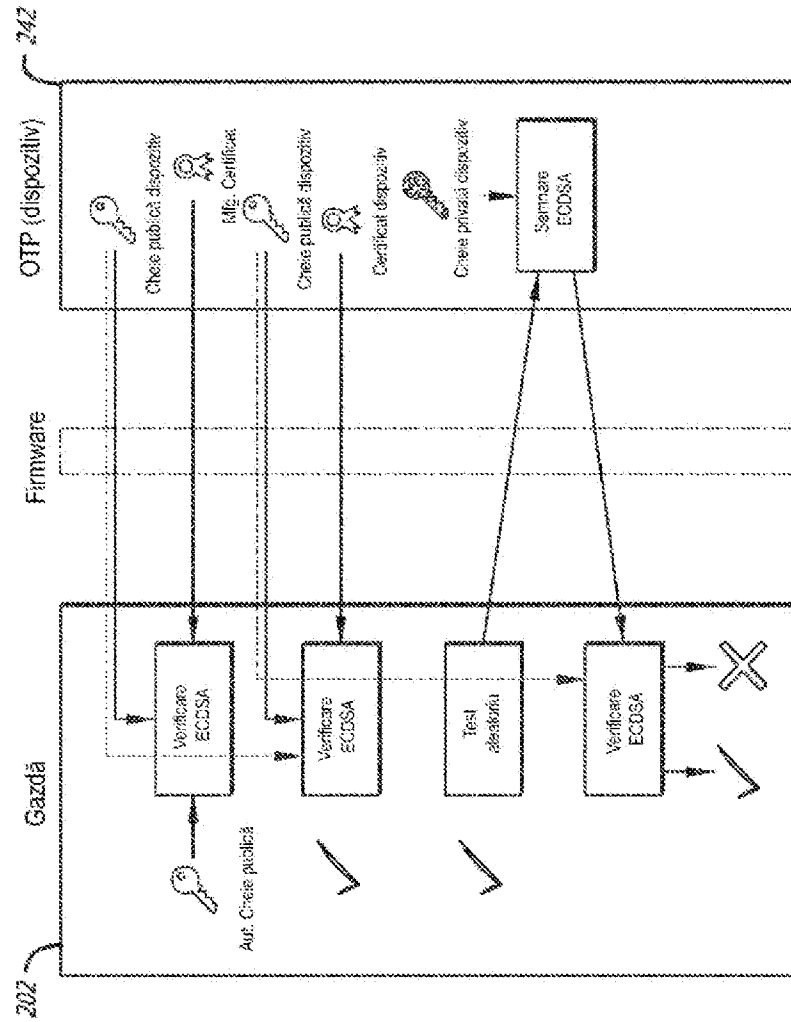


FIG. 58

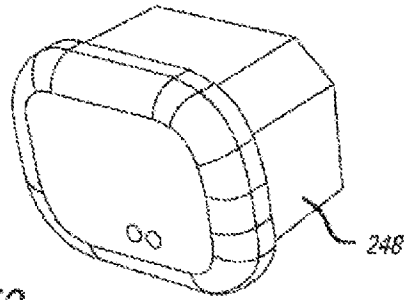


FIG. 59

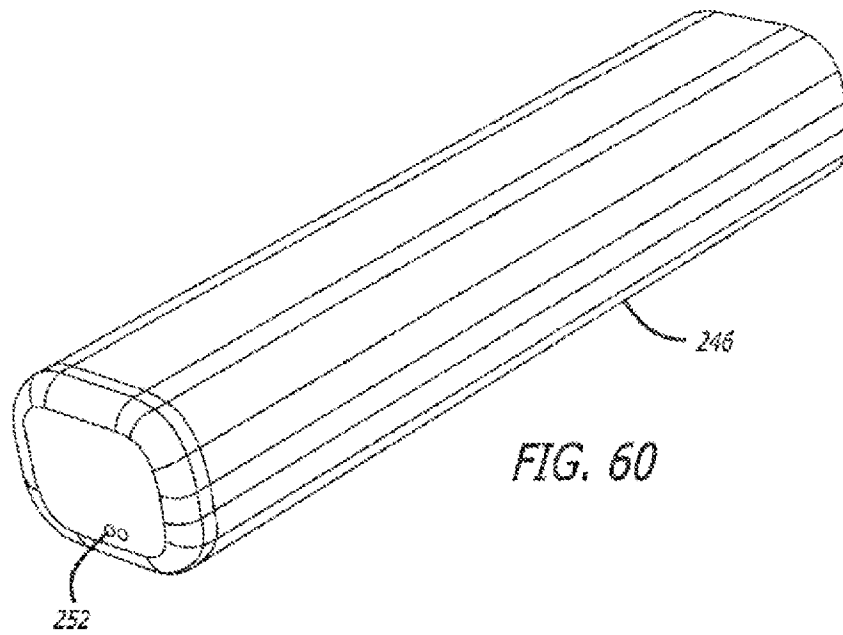


FIG. 60

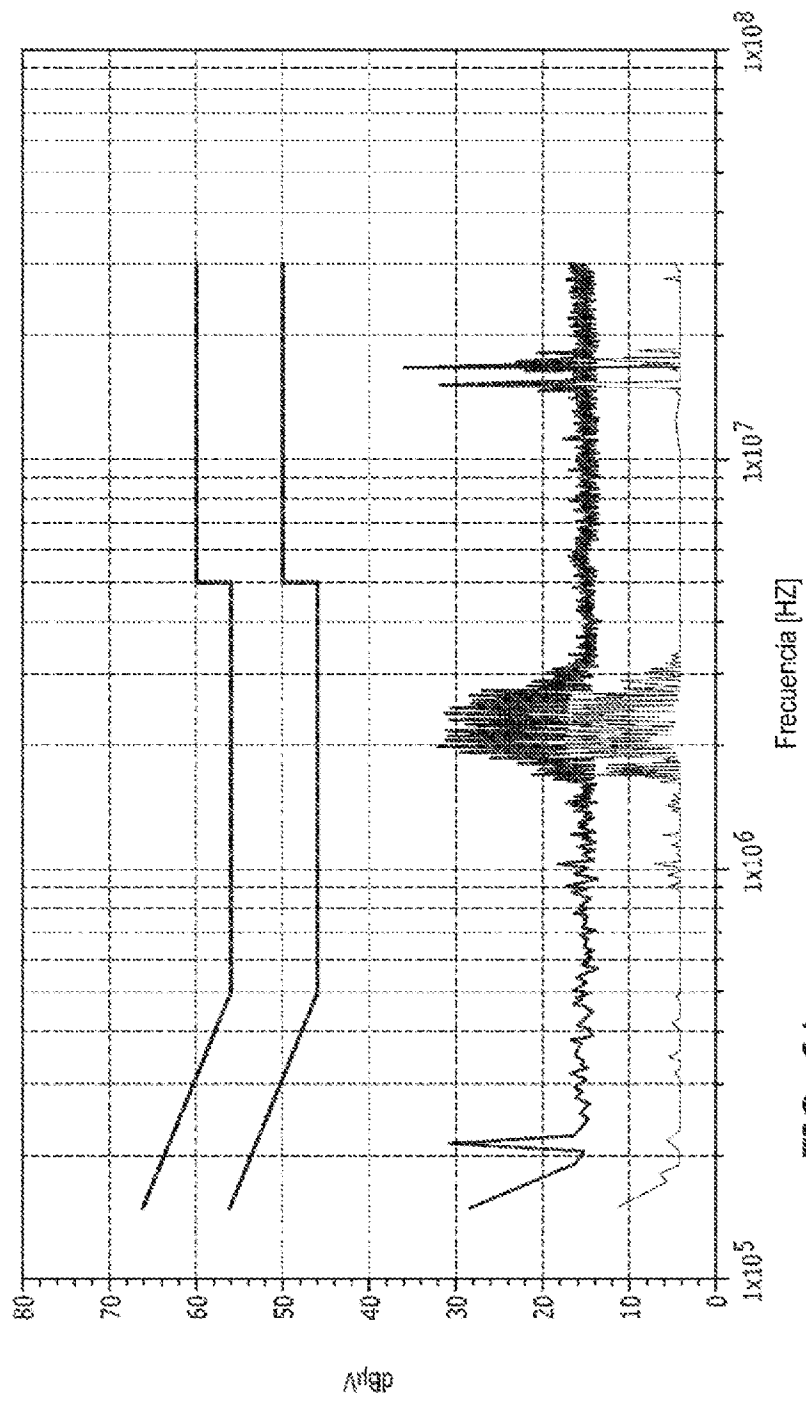


FIG. 61

Bitte beachten Sie, dass angeführte Nichtpatentliteratur (wie z. B. wissenschaftliche oder technische Dokumente) je nach geltendem Recht dem Urheberrechtsschutz und/oder anderen Schutzarten für schriftliche Werke unterliegen könnte. Die Vervielfältigung urheberrechtlich geschützter Texte, ihre Verwendung in anderen elektronischen oder gedruckten Publikationen und ihre Weitergabe an Dritte ist ohne ausdrückliche Zustimmung des Rechtsinhabers nicht gestattet.

Veuillez noter que les ouvrages de la littérature non-brevets qui sont cités, par exemple les documents scientifiques ou techniques, etc., peuvent être protégés par des droits d'auteur et/ou toute autre protection des écrits prévue par les législations applicables. Les textes ainsi protégés ne peuvent être reproduits ni utilisés dans d'autres publications électroniques ou imprimées, ni rediffusés sans l'autorisation expresse du titulaire du droit d'auteur.

Please be aware that cited works of non-patent literature such as scientific or technical documents or the like may be subject to copyright protection and/or any other protection of written works as appropriate based on applicable laws. Copyrighted texts may not be copied or used.

Vă rugăm să rețineți că lucrările citate din literatura non-brevet, cum ar fi documentele științifice sau tehnice sau altele asemenea, pot face obiectul protecției drepturilor de autor și/sau oricărei altor tipuri de protecție a lucrărilor scrise, după caz, pe baza legilor aplicabile. Textele protejate prin drepturi de autor nu pot fi copiate sau utilizate în alte publicații electronice sau tipărite sau

Xs CPRTENFRDE

Xs CPRTENFRDE