



NEUROSENSE

Αυτόνομη πολυπαραμετρική ιατρική συσκευή με συνδεσιμότητα κινητής για
απομακρυσμένη παρακολούθηση ασθενών και αξιολόγηση εξωπυραμидικών συμπτωμάτων

Αθανασιάδης Βαλάντης

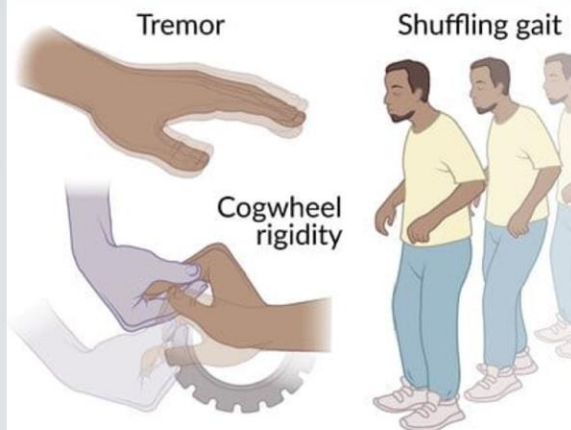
Ιδρυτής, Vatronics EU | Μηχανικός Ανάπτυξης Ιατρικών Συσκευών



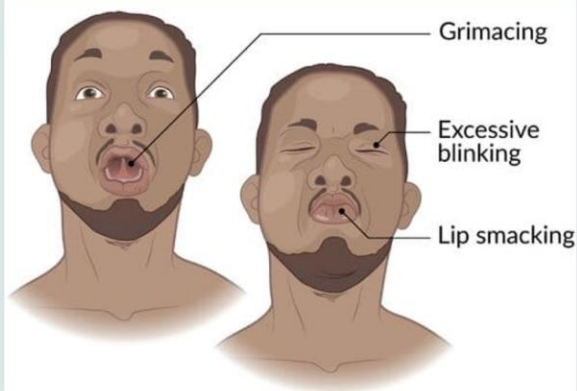
Acute dystonia



Pseudoparkinsonism



Tardive dyskinesia



Akathisia

E.g., compelling urge to tap one's feet



Πρόβλημα – Υποκειμενική Αξιολόγηση ΕΠΣ

- Υποκειμενικές αξιολογήσεις: Η αξιολόγηση των Εξωπυραμιδικών Συμπτωμάτων (ΕΠΣ) είναι σε μεγάλο βαθμό υποκειμενική – βασίζεται σε αραιές κλινικές κλίμακες αξιολόγησης (π.χ. MDS-UPDRS) με χαμηλή εντός-ασθενούς αξιοπιστία και υψηλή μεταβλητότητα μεταξύ αξιολογητών [1].
- Υποδιάγνωση: Πολλά σημεία ΕΠΣ παραμένουν ανιχνεύτα: ~90% των ασθενών αναφέρουν συμπτώματα, αλλά μόνο ~60% των κλινικών ιατρών τα αναγνωρίζουν, οδηγώντας σε υποθεραπεία [2].

1. Evers, L.J.W. et al. (2019) "Measuring Parkinson's disease over time: the real-world within-subject reliability of the MDS-UPDRS", Movement Disorders, 34(10), 1480–1487.

2. Gerlach, J. (1999) "The continuing problem of extrapyramidal symptoms: strategies for avoidance and effective treatment", The Journal of Clinical Psychiatry, 60(Suppl. 23), 20–24.

Πρόβλημα – Κατακερματισμένη Τεχνολογία RPM

- Πολλαπλές συσκευές: Οι ασθενείς πρέπει να χρησιμοποιούν πολλαπλές ξεχωριστές συσκευές παρακολούθησης (πίεση, γλυκόζη, SpO₂, κ.λπ.), καθεμία με τη δική της εφαρμογή και σύνδεση, περιπλέκοντας την απομακρυσμένη παρακολούθηση ασθενών (RPM).
- Τεχνολογικά εμπόδια: Η εξάρτηση από smartphone/Gateways οδηγεί σε συχνές αποτυχίες σύζευξης· πολλοί ηλικιωμένοι ασθενείς δυσκολεύονται με τις ρυθμίσεις, με αποτέλεσμα την εγκατάλειψη των συσκευών [1].
- Υψηλό κόστος: Οι κυψελικές συσκευές ΑΠΑ (~\$99 η καθεμία + \$20/μήνα) γίνονται γρήγορα πολύ ακριβές όταν χρειάζονται 5-6 συσκευές, υπερβαίνοντας τα τυπικά όρια αποζημίωσης [2][3].



1. Prevounce (2024) "Remote patient monitoring, a comprehensive guide". Available at: <https://www.prevounce.com/a-comprehensive-guide-to-remote-patient-monitoring> (Accessed: 4 June 2025).

2. GreatHealthDesigns (2025) Remote patient monitoring – pricing. Available at: <https://www.greathealthdesigns.com/pricing> (Accessed: 14 July 2025).

3. Centers for Medicare & Medicaid Services (2025) Telehealth and remote patient monitoring. Available at: <https://www.cms.gov/medicare/coverage/telehealth/remote-patient-monitoring> (Accessed: 14 July 2025).



Επισκόπηση Λύσης: Πολυπαραμετρική Συσκευή με Συνδεσιμότητα LTE

Το NeuroSense είναι μία φορητή συσκευή με συνδεσιμότητα LTE που ενοποιεί την ανίχνευση ΕΠΣ (IMU, sEMG, δυναμόμετρο λαβής) και ζωτικών σημείων (SpO_2 , HR, HRV, ECG, EDA, BioZ, θερμοκρασία), με φωνητικά καθοδηγούμενη διεπαφή, εξαλείφοντας την εξάρτηση από smartphone ή Wi-Fi για οικιακή ΑΠΑ και αντικειμενική κλινική αξιολόγηση ΕΠΣ.

Αισθητήρες Εξωπυραμидικών Συμπτωμάτων

IMU (6 αξόνων):

- Μέτρηση τρόμου (4–8 Hz) και βραδυκινησίας
- Αντικειμενική ποσοτικοποίηση κινητικών διαταραχών

sEMG (2 κανάλια):

- Ηλεκτρομυογραφία επιφάνειας
- Διαχωρισμός εκούσιας από ακούσια μυϊκή δραστηριότητα

Δυναμόμετρο Λαβής:

- Μέτρηση δύναμης σύσφιξης (0–700 N)
- Αξιολόγηση ακαμψίας & κόπωσης

Αισθητήρες Ζωτικών Σημείων

PPG (Φωτοπληθυσμογραφία):

- SpO_2 , καρδιακός ρυθμός, δείκτης αιμάτωσης
- Υποδομή για μελλοντική μέτρηση αρτηριακής πίεσης (oBPM)

ECG (μονοαγωγικό):

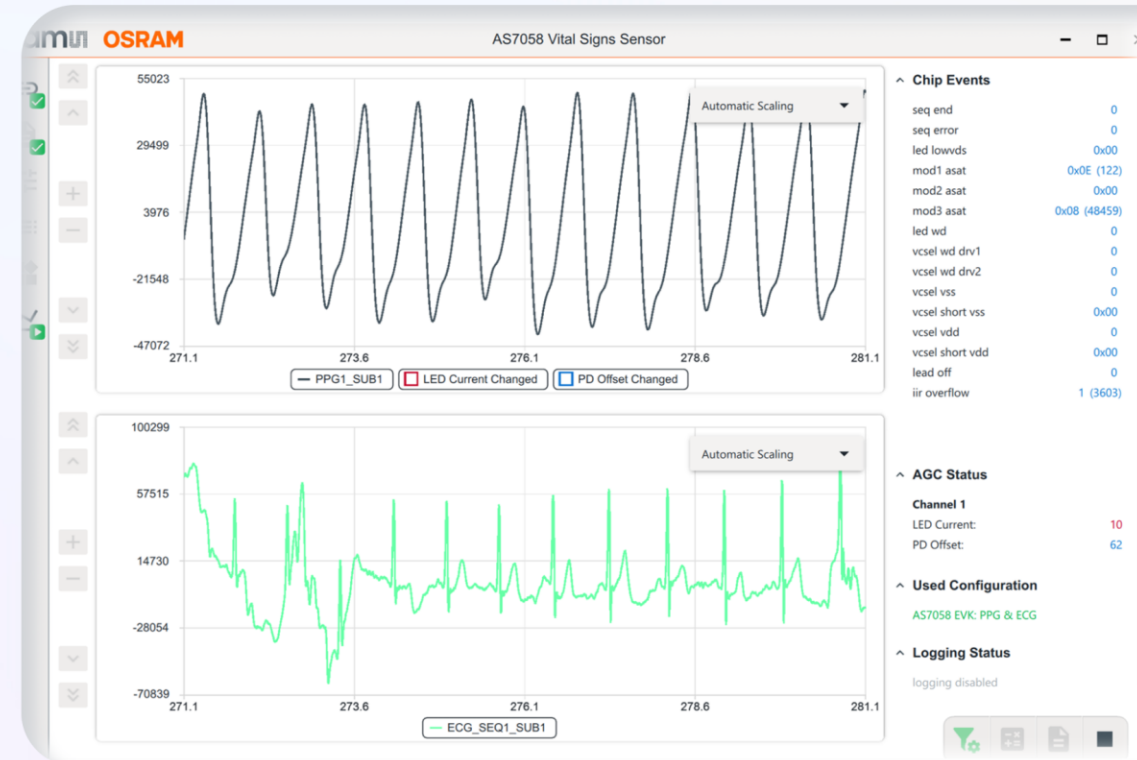
- Ηλεκτροκαρδιογράφημα χέρι-χέρι
- Μεταβλητότητα καρδιακού ρυθμού (HRV) για αυτόνομη λειτουργία

EDA/BioZ:

- Ηλεκτροδερματική δραστηριότητα & βιοεμπέδηση
- Αξιολόγηση στρες & υδάτωσης

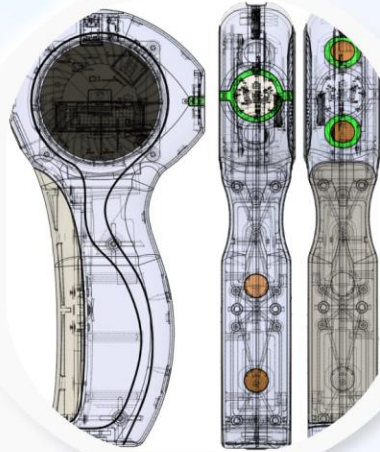
Θερμοκρασία IR:

- Ιατρική ακρίβεια $\pm 0.2^\circ\text{C}$ (μέτωπο)



Εργονομία
Προσανατολισμένη
στους Ηλικιωμένους

Περιγεγραμμένη
λαβή ενός χεριού
με αποτελεσματική διάμετρο
κάτω από **40 mm** για μειωμένη
προσπάθεια και σταθερό
κράτημα. **Ισορροπημένη μάζα**
προς τη λαβή. Η **θέση του**
αντίχειρα επιτρέπει τη
φυσική τοποθέτηση στην
οπτική μονάδα χωρίς
απόκλιση καρπού. **Ηλεκτρόδια**
Ø10 mm σε απόσταση 39 mm
εφαρμόζουν στα **σημεία**
επαφής θένα-υποθένα.
Εσωτερικές θύρες και
προστατευμένο παράθυρο για
ασφαλή οικιακή χρήση.

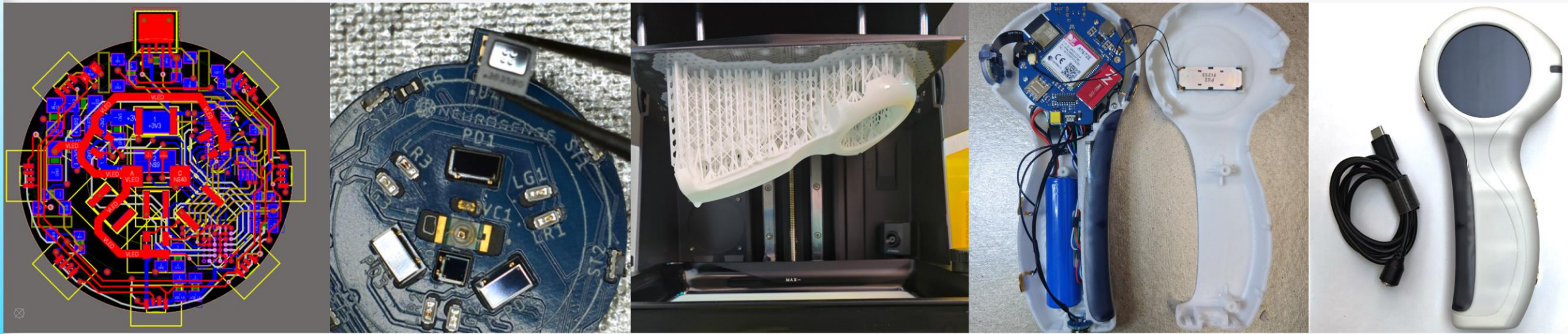


Ανθρώπινοι Παράγοντες &
Σχεδιασμός

Φωτιζόμενοι ημιδιαφανείς
δακτύλιοι γύρω από τα
ηλεκτρόδια, την οπτική
μονάδα και το IR θερμόμετρο
παρέχουν **οπτικές ενδείξεις**
"τοποθέτησε εδώ" και
επιβεβαίωση επαφής.
Φωνητικές οδηγίες υψηλής
ευκρίνειας μέσω ηχείου.
Μαγνητική φόρτιση με
ελατηριωτούς πείρους για
σύνδεση χωρίς
προσανατολισμό. **PC-ABS** σε
επαφή με ασθενή και
επιχρυσωμένα ηλεκτρόδια
υποστηρίζουν δερματοφιλικές,
απολυμαίνοντες με σκούπισμα
επιφάνειες.



Καθοδήγηση, Φόρτιση
& Δερματοφιλικά
Υλικά



Ηλεκτρονικά & Κατασκευή

Σχεδιάστηκαν τρεις προσαρμοσμένες πλακέτες: η κύρια πλακέτα 4 layers φιλοξενεί τον ESP32-P4 (primary MCU), ESP32-C6 (BLE/Wi-Fi), LTE module A7672E, MIPI-DSI για την οθόνη, audio amplifier και power rails με controlled impedance και RF/optical keep-outs. Το optical stack κατασκευάστηκε σε HDI 1+2+1 τεχνολογία γύρω από τον AS7058, με LED/photodiode islands, VIPPO microvias και via fences για προστασία των γραμμών ECG/EDA/BioZ. Το shielded FPC με EMI lamination συνδέει την κύρια πλακέτα με το optical stack. Η συναρμολόγηση έγινε με laser-cut stencils, two-temperature reflow και ESD controls. Τα bring-up checks επιβεβαίωσαν IPC-A-610 Class 2 ποιότητα, FPC shield continuity και επιτυχή αναγνώριση ESP32-P4 μέσω esptool.

Περίβλημα & Τελική Συναρμολόγηση

Το κέλυφος κατασκευάστηκε με MSLA 3D εκτύπωση σε ABS-like ρητίνη με τοιχώματα 1.7 mm, ακολουθούμενη από IPA πλύση, UV πολυμερισμό και κοχλιοθέσεις. Η τελική συναρμολόγηση περιλάμβανε την ενσωμάτωση της οπτικής μονάδας, της κύριας πλακέτας με βάση LCD, της μαγνητικής φόρτισης, του ηχείου και της μπαταρίας 18650 σε βάση με EVA. Τα ηλεκτρόδια Ø10 mm επικολλήθηκαν με 3M 200MP. Η επαλήθευση περιέλαβε ελέγχους διαστάσεων, εφαρμογής, οπτικού crosstalk σε σκοτεινό δωμάτιο και λειτουργικότητας.



Πού μπορεί να χρησιμοποιηθεί

- Ψυχιατρική/Νευρολογία: Παρακολούθηση ΕΠΣ, τιτλοποίηση δόσης, διαφορική διάγνωση Parkinson
- Οικιακή RPM: Ηλικιωμένοι, χρόνιοι ασθενείς χωρίς smartphone
- Κλινικές μελέτες: Τυποποιημένη αξιολόγηση endpoints
- Σωφρονιστικό σύστημα: Παρακολούθηση κρατουμένων με ψυχιατρικά νοσήματα

Τι χρειάζεται για κλινική χρήση

- Τεχνικά: Firmware, κλινική επικύρωση αισθητήρων, ML αλγόριθμοι ΕΠΣ
- Κανονιστικά: MDR Class IIa, ISO 13485, μελέτες χρηστικότητας
- Υποδομή: Cloud backend, APIs (HL7 FHIR), ενσωμάτωση σε συστήματα υγείας
- Μελλοντικά: Cuffless πίεση αίματος

Όραμα

Αντικειμενική, συνεχής αξιολόγηση ΕΠΣ + ολοκληρωμένη RPM προσβάσιμη σε όλους