



ΤΜΗΜΑ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΚΑΙ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ



**Σχεδιασμός και υλοποίηση ενός ενσωματωμένου
συστήματος με δυνατότητες τεχνητής νοημοσύνης**

**Διπλωματική
Εργασία**

Κοζάνη

Εργαστήριο Ρομποτικής, Ενσωματωμένων και
Ολοκληρωμένων Συστημάτων

**ΜΑΡΓΑΡΙΤΗΣ
ΠΑΣΧΑΛΗΣ**

Επιβλέπων: Δασυγένης Μηνάς

<http://arch.ece.uowm.gr/>

9 Ιουλίου 2025

Πίνακας Περιεχομένων

01

Εισαγωγή

02

Θεωρητικό Υπόβαθρο

03

Σχεδίαση & Υλοποίηση

04

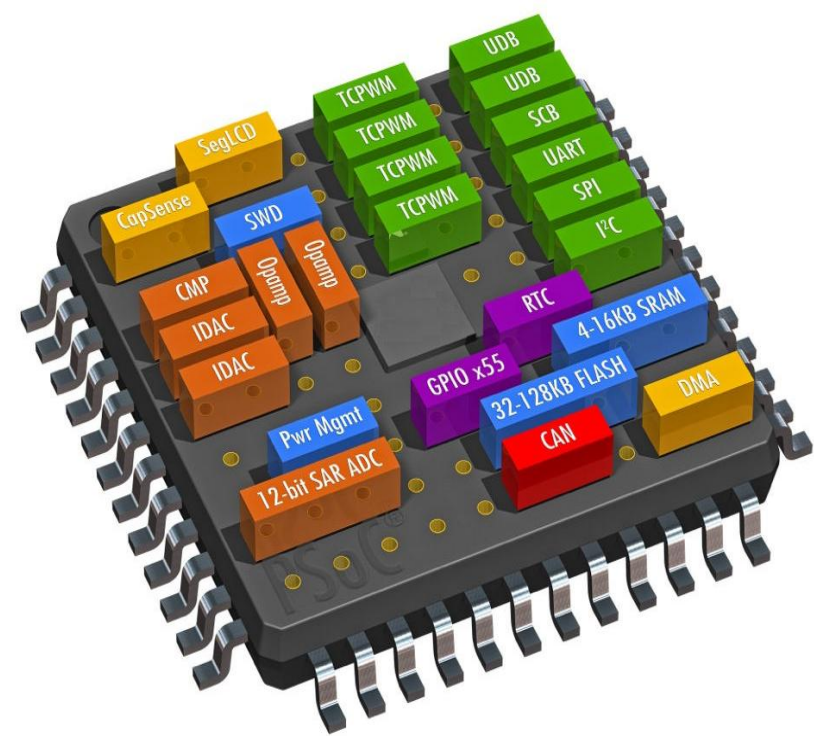
Ανάλυση Αλγορίθμου

05

Αποτελέσματα Μετρικών

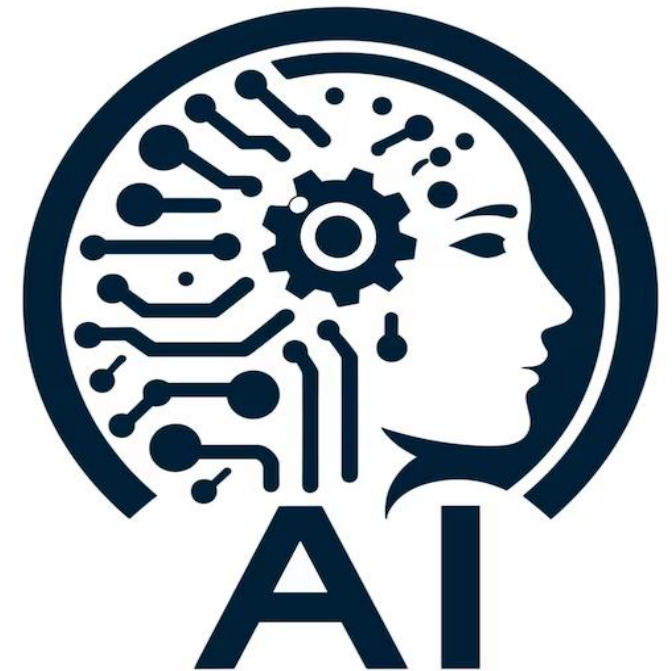
06

Μελλοντικές Βελτιώσεις



- Τι είναι ένα **Ενσωματωμένο Σύστημα (Embedded System)**;

- Τι είναι **Τεχνητή Νοημοσύνη (Artificial Intelligence)**;

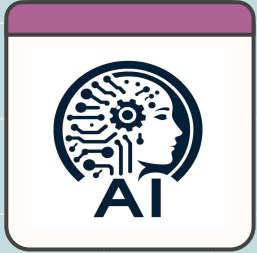


Εισαγωγή

01

- ✓ Σκοπός της Διπλωματικής Εργασίας
- ✓ Παρόμοια Συστήματα

Σκοπός της Διπλωματικής Εργασίας



Αξιοποίηση τεχνητής νοημοσύνης (Computer Vision)

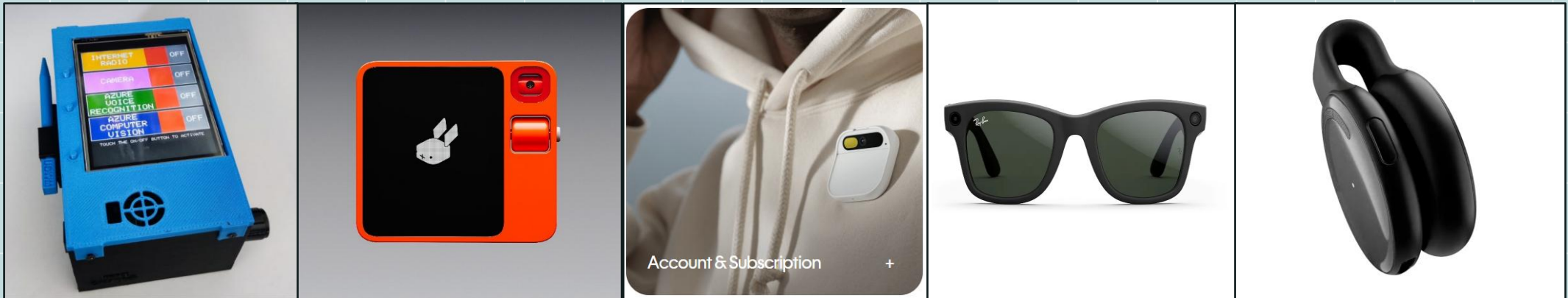


Δημιουργία ενός συστήματος που ενσωματώνει έναν χαμηλής κατανάλωσης μικροελεγκτή, προσφέροντας ισορροπία μεταξύ ενέργειας και υψηλής απόδοσης υπολογιστικής ισχύος.



Χαμηλό κόστος κατασκευής και συντήρησης με έμφαση την εργονομία και τη φορητότητα.

Παρόμοια Συστήματα



Χαρακτηριστικά	Συσκευή διπλωματικής	Rabbit R1	Humane AI Pin	Meta Ray-Ban	Limitless Pendant
Επεξεργαστής (CPU)	ESP32 (Xtensa LX6 dual-core)	MediaTek Helio P35 (MT6765) έως 2.3GHz	Qualcomm Snapdragon 8-core, 2.1GHz	ARM Cortex-M4	Qualcomm Snapdragon Wear
Μνήμη (RAM)	520 KB SRAM (+ PSRAM για ESP32 CAM)	4GB	4GB	256MB	1GB
Αποθηκευτικός Χώρος	Δεν καθορίζεται	128GB	32GB	256MB	1GB
Οθόνη	3.2" TFT οθόνη αφής	2.88" TFT οθόνη αφής	Laser Ink Display (χωρίς οθόνη)	Χωρίς οθόνη	Χωρίς οθόνη (ακουστικά)
Κάμερα	OV2640 (2MP)	8MP (νυχτερινή όραση)	12MP, 1080p@30FPS	Χωρίς κάμερα	12MP (βίντεο 1080p)
Συνδεσιμότητα	Wi-Fi	Wi-Fi, Bluetooth 5.0, 4G LTE	Wi-Fi, LTE (T-Mobile), Bluetooth	Wi-Fi, Bluetooth	Bluetooth, Wi-Fi (μέσω app)
Αισθητήρες	Δεν καθορίζεται	Μαγνητόμετρο, GPS, Επιταχυνσιόμετρο, Γυροσκό	Κάμερα, Επιταχυνσιόμετρο, Γυροσκόπιο, Βάθος/Κίνηση	Μικρόφωνο, επιταχυνσιόμετρο	επιταχυνσιόμετρο, γυροσκόπιο, μικρόφωνο
Ήχος	Μονοφωνικό ηχείο	Διπλό μικρόφωνο + ηχείο	Personic speaker + Bluetooth ακουστικά	Μικρόφωνο, ηχείο	Ηχείο, μικρόφωνο
Διαστάσεις (ΜxΠxΥ)	115mm x 67mm x 57mm	78mm x 78mm x 13mm	44.5mm x 47.5mm x 14.98mm	40x40x10 mm	150x50x15 mm
Βάρος	225g	115g	54.7g (συσκευή + μπαταρία)	20g	50g
Μπαταρία	2200mAh	1000mAh	140mAh + πρόσθετη μπαταρία	150mAh (standby 100+ ώρες)	500mAh (6 ώρες)
Λειτουργ. Σύστημα	Δεν καθορίζεται	Rabbit OS (Android-based)	CosmoS	Custom RTOS	Custom OS (Android-based)
Διασύνδ. Χρήστη	Οθόνη αφής	Φωνή, Οθόνη, Τροχός, Κουμπί	Φωνή, Χειρονομίες, Laser προβολή	Φωνή	Φωνή, αφή πλαισίου
Τιμή	\$45 (5,000 δωρεάν συναλλαγές/ μήνα)	\$199	\$199	\$699+\$24/μήνα	\$299+

Θεωρητικό Υπόβαθρο



02

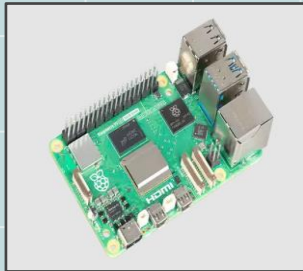
- ✓ Εξέλιξη ενσωματωμένων συστήματων
- ✓ Πρωτόκόλλα επικοινωνίας
- ✓ Προγράμματα που αξιοποιήθηκαν

Θεωρητικό Υπόβαθρο

Εξέλιξη ενσωματωμένων συστημάτων



Microcontroller

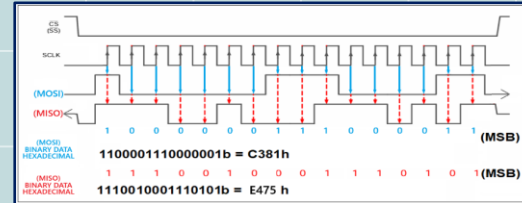


Single-Board Computer

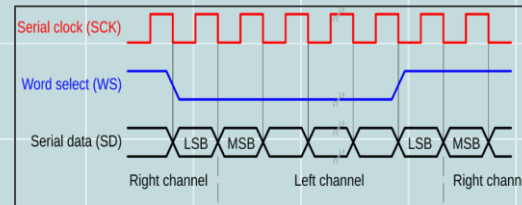


Field-Programmable Gate Array

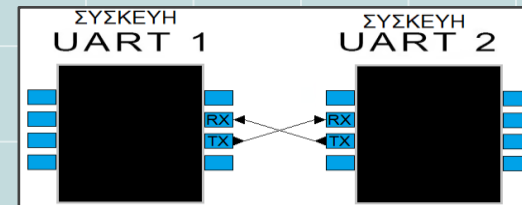
Πρωτόκολλα επικοινωνίας



Πρωτόκολλο SPI



Πρωτόκολλο I2S



Πρωτόκολλο UART



Πρωτόκολλο Wi-Fi (IEEE 802.11)

Προγράμματα που αξιοποιήθηκαν



Σχεδίαση & Υλοποίηση

03

- ✓ Προδιαγραφές συσκευής
- ✓ Ηλεκτρονικά εξαρτήματα
- ✓ Ηλεκτρονική - Κυκλωματική δομή

Προδιαγραφές συσκευής

Χαρακτηριστικά	Συσκευή διπλωματικής
Επεξεργαστής (CPU)	ESP32 + ESP32 CAM (Xtensa LX6 dual-core)
Μνήμη (RAM)	520 KB SRAM (+ PSRAM για ESP32 CAM)
Αποθηκευτικός Χώρος	4 MB Flush Rom SPI
Οθόνη	3.2" TFT οθόνη αφής
Κάμερα	OV2640 (2MP)
Συνδεσιμότητα	Wi-Fi
Αισθητήρες	Δεν καθορίζεται
Ήχος	Μονοφωνικό ηχείο 3W 4Ω
Διαστάσεις (ΜxΠxΥ)	115mm x 67mm x 57mm
Βάρος	225g
Μπαταρία	4x 2200mAh Nimh
Λειτουργ. Σύστημα	Δεν καθορίζεται
Διασύνδ. Χρήστη	Οθόνη αφής
Τιμή	\$45 - (5,000 free image analyses/ μήνα)



Ηλεκτρονικά εξαρτήματα



ESP32



SPEAKER 4Ω 3W



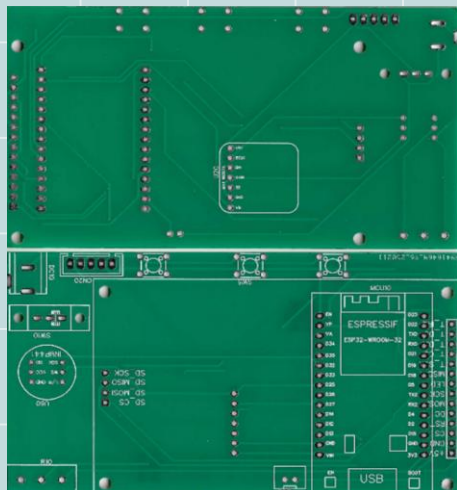
Εξαρτήματα συνδεσιμότητας και Ελέγχου



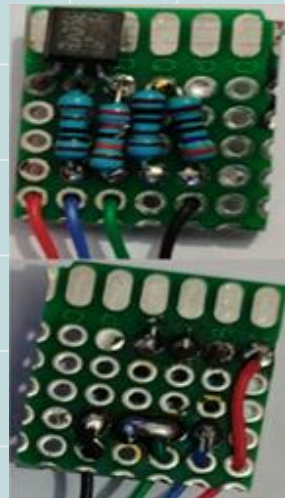
TFT 3.2 TOUCH ILI9341



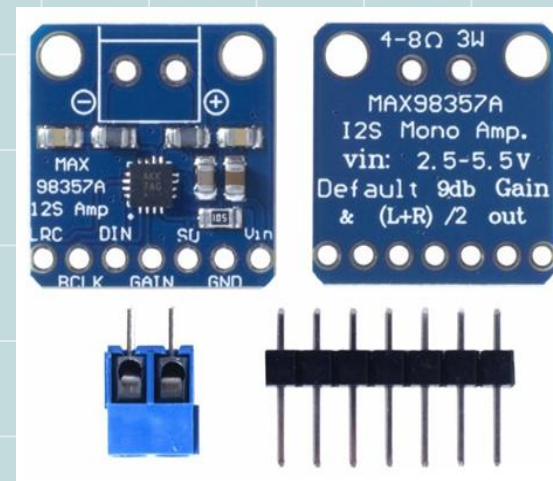
ESP32 CAM



**2-Layer PCB
111 × 62 × 2 mm**



VoltageChecker

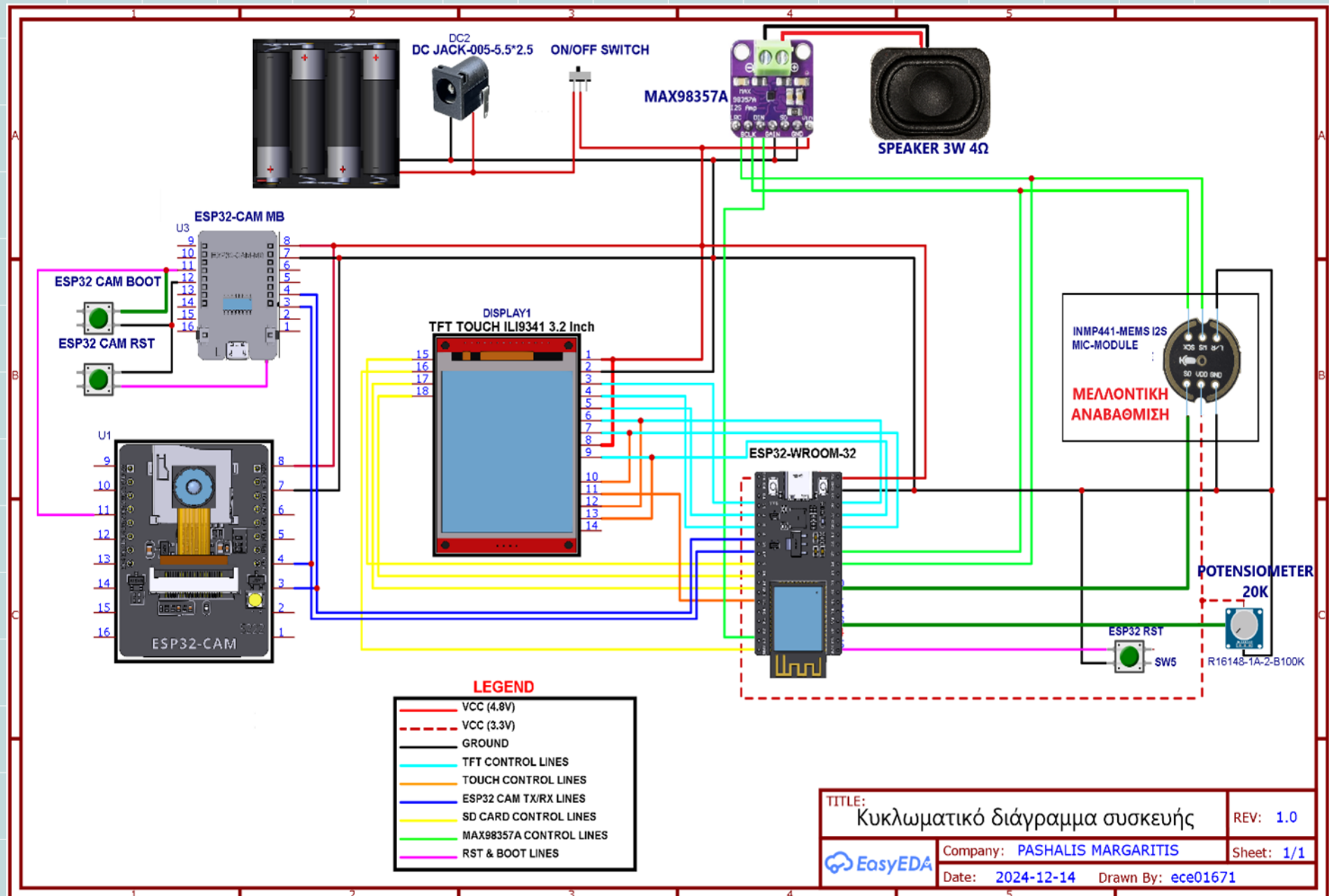


**MAX9357A Class D
Amp 3W**



ESP32 CAM MB

Ηλεκτρονική - Κυκλωματική δομή



Ανάλυση Αλγορίθμου

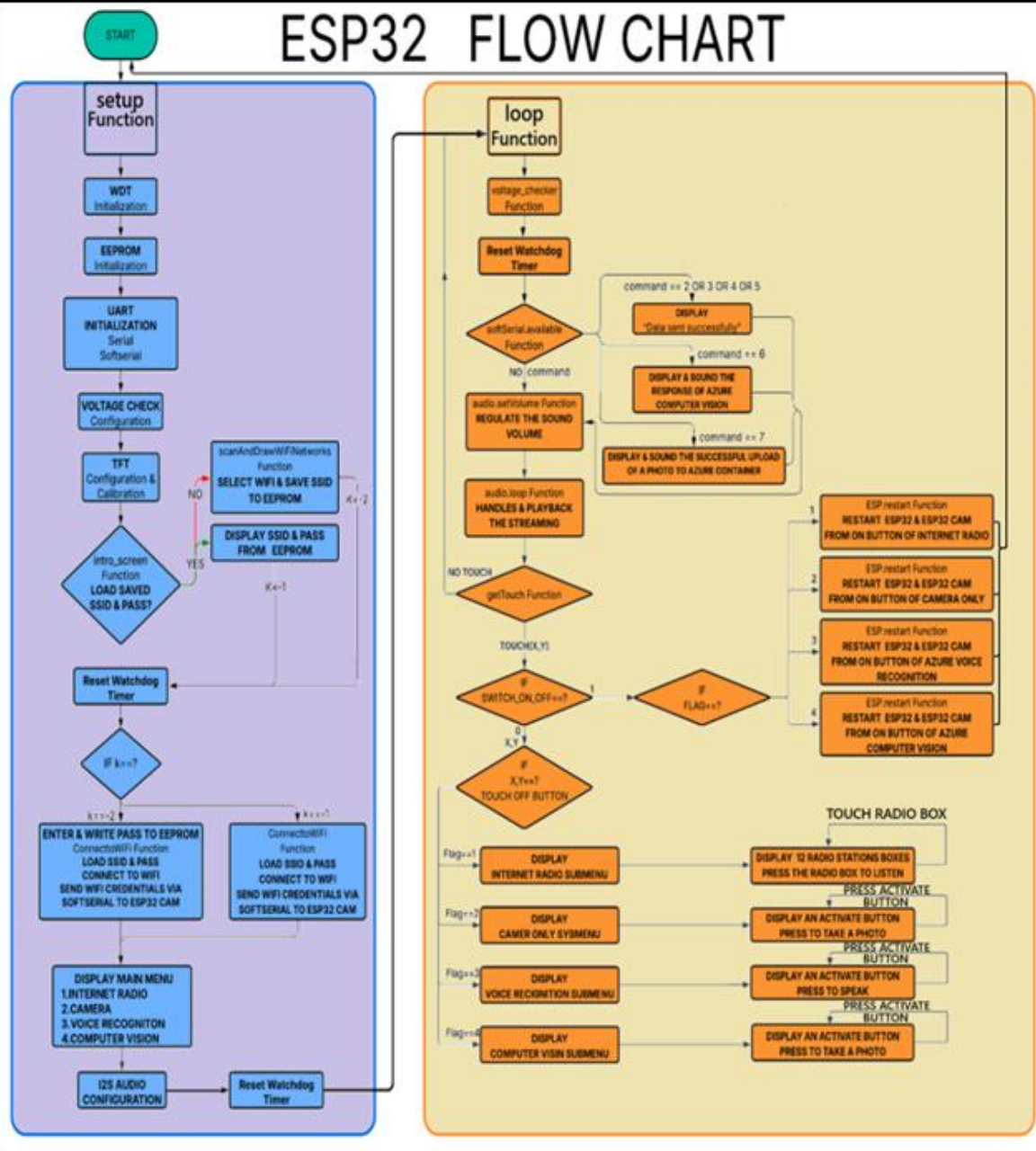


04

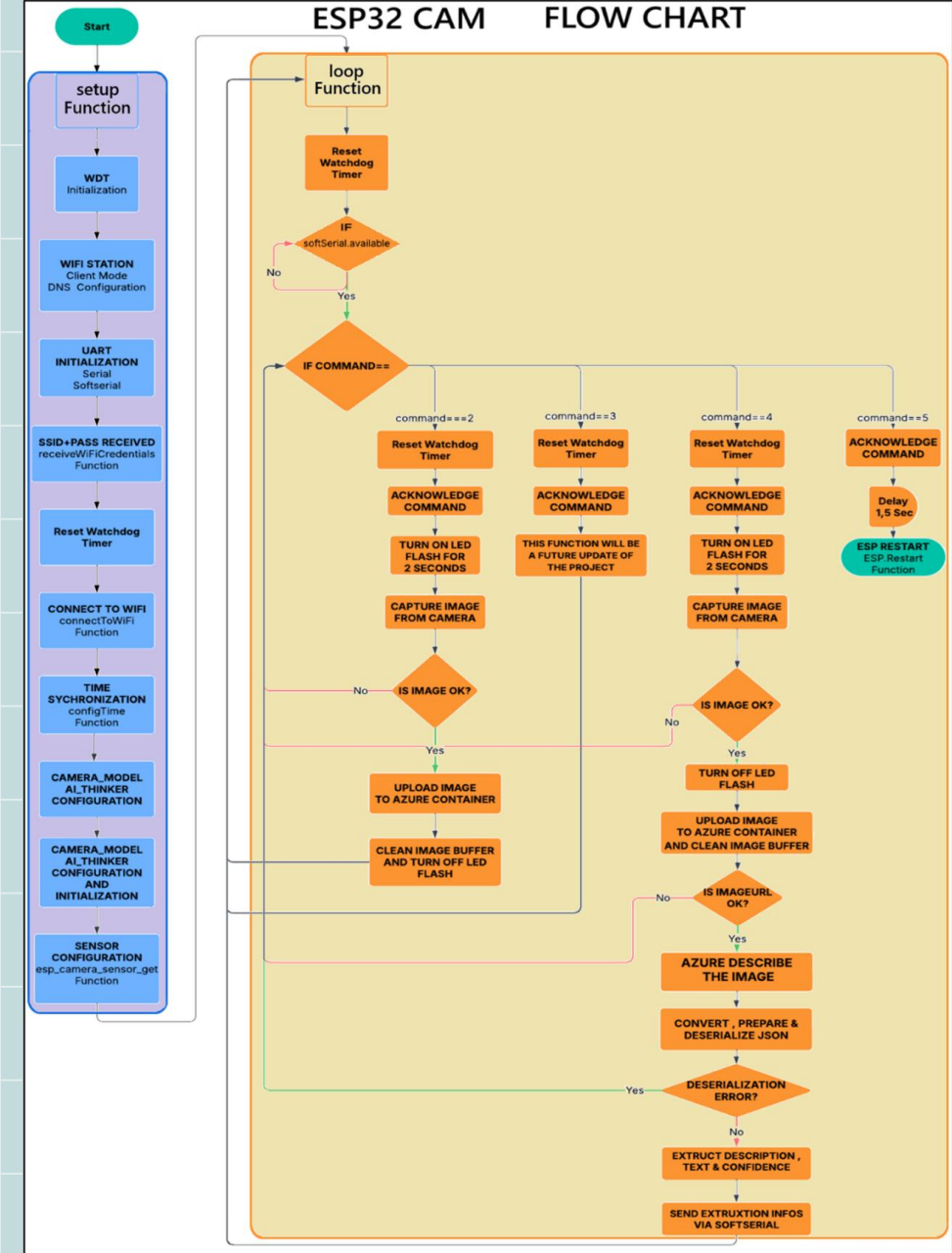
- ✓ Διάγραμμα ροής λειτουργίας ESP32
- ✓ Διάγραμμα ροής λειτουργίας ESP32 CAM
- ✓ Διάγραμμα ροής λειτουργίας συσκευής

Διαγράμματα ροής λειτουργίας

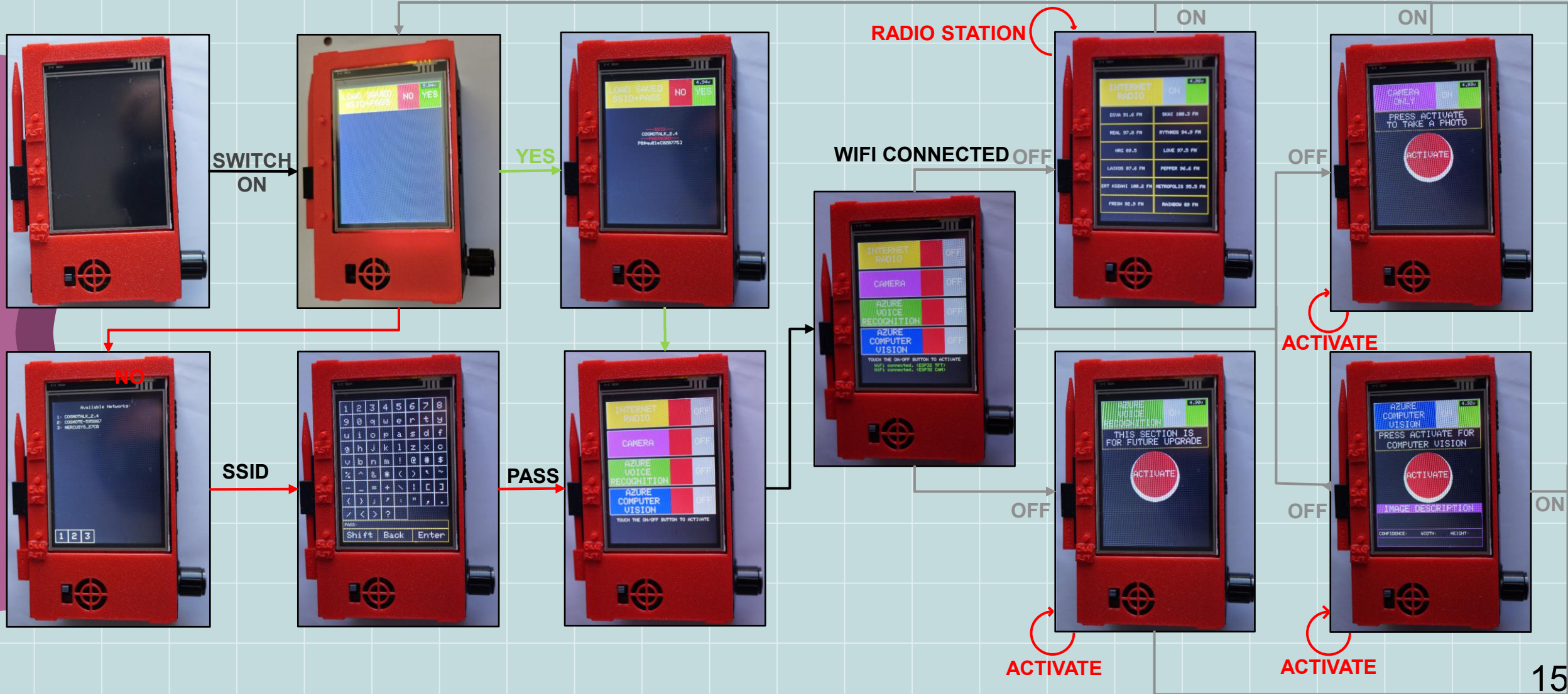
ESP32 FLOW CHART



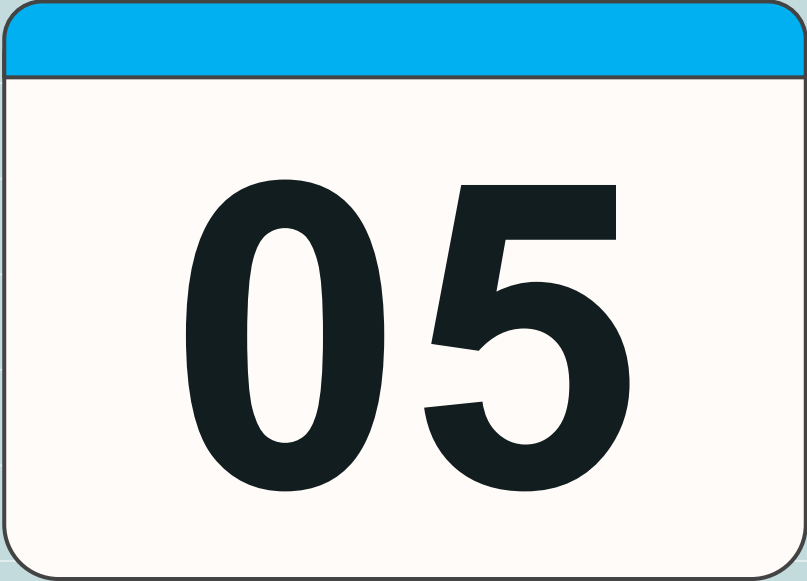
ESP32 CAM FLOW CHART



Διάγραμμα ροής λειτουργίας συσκευής



Αποτελέσματα Μετρικών



05

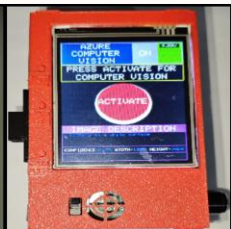
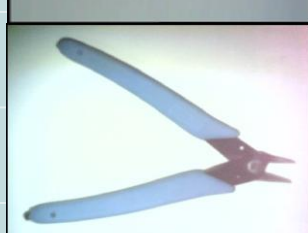
- ✓ Χρόνοι λειτουργίας συσκευής
- ✓ Χρονική απόκριση (Latency) σε Secs
- ✓ Πίνακας Bandwidth
- ✓ Αποτελέσματα πειραμάτων υπολογιστικής όρασης

Αποτελέσματα Μετρικών

Χρόνοι λειτουργίας συσκευής σε Ώρες:Λεπτά						
Επαναλήψεις	1	2	3	4	5	MO
ACTIVATED ONLY	2:53	2:48	2:39	2:49	2:44	2:32
INTERNET RADIO 25% ΕΝΤΑΣΗ	2:24	2:21	2:12	2:19	2:12	2:07
INTERNET RADIO 50% ΕΝΤΑΣΗ	2:00	1:59	1:55	1:52	1:52	1:48
INTERNET RADIO 75% ΕΝΤΑΣΗ	1:44	1:40	1:38	1:41	1:41	1:36
INTERNET RADIO 100% ΕΝΤΑΣΗ	1:32	1:32	1:31	1:31	1:32	1:55
CAMERA ONLY	2:21	2:22	2:15	2:18	2:20	2:17
COMPUTER VISION	2:17	2:15	2:14	2:16	2:14	2:15

Bandwidth Mbps	0,5 sec	1 sec	1,5 secs	2 secs	2,5 secs	3 secs	3,5 secs	4 secs
Image (50KB)	0,78	0,39	0,26	0,19	0,15	0,13	0,112	0,09
Image (100KB)	1,56	0,78	0,52	0,39	0,31	0,26	0,223	0,19
Image (150KB)	2,34	1,17	0,78	0,58	0,46	0,39	0,335	0,29
Image (200KB)	3,12	1,56	1,04	0,78	0,62	0,52	0,446	0,39
Image (250KB)	3,90	1,95	1,30	0,97	0,78	0,65	0,558	0,48
Bandwidth Mbps	4,5 secs	5sec s	5,5 secs	6 secs	6,5 secs	7 secs	7,5 sec	8 sec
Image (50KB)	0,08	0,07	0,07	0,06	0,06	0,05	0,01	0,01
Image (100KB)	0,17	0,15	0,14	0,13	0,12	0,11	0,02	0,02
Image (150KB)	0,260	0,23	0,21	0,19	0,18	0,16	0,03	0,03
Image (200KB)	0,347	0,31	0,28	0,26	0,24	0,22	0,04	0,04
Image (250KB)	0,434	0,39	0,35	0,32	0,30	0,27	0,05	0,05

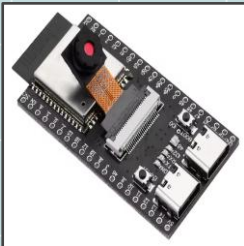
Χρονική απόκριση (Latency) σε Secs						
Επαναλήψεις	1	2	3	4	5	MO
Χρόνος εκτέλεσης έναρξης	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,30
Χρόνος σύνδεσης σε Wifi	3,2	3,4	3,2	3,3	3,1	3,24
Χρόνος σύνδεσης σε Wifi+Voice	13,2	13,4	13,2	13,3	13,1	13,24
Χρόνος εκτέλεσης Internet radio	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,30
Χρόνος εκτέλεσης Internet radio+Voice	3,2	3,4	3,5	3,5	3,6	3,44
Χρόνος εκτέλεσης Internet radio+Voice +Station	3,5	3,6	3,2	3,3	3,1	3,34
Χρόνος εκτέλεσης Camera only	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,30
Χρόνος εκτέλεσης Camera only+Voice	3,0	2,9	2,9	3,0	3,0	2,96
Χρόνος εκτέλεσης Camera only+Voice+Photo	8,0	8,1	8,2	7,9	7,8	8,00
Χρόνος εκτέλεσης Computer vision	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,30
Χρόνος εκτέλεσης Computer vision+Voice	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,00
Χρόνος εκτέλεσης Computer vision+Voice Response	10,0	11,0	12,0	11,0	11,0	11,00
Χρόνος εκτέλεσης Restart	3,2	3,2	3,3	3,3	3,2	3,24

Ανεβασμένη φωτογραφία στο container	Ένδειξη στην οθόνη	Μεταδεδομένα
		Image description A battery on a white surface Confidence 0,75 Height 1280 Width 1024
		Image description A close-up of a pen Confidence 0,82 Height 1280 Width 1024
		Image description A lighter on a white surface Confidence 0,80 Height 1280 Width 1024
		Image description A close-up of a plier Confidence 0,79 Height 1280 Width 1024
		Image description A close-up of a cd Confidence 0,82 Height 1280 Width 1024

Μελλοντικές βελτιώσεις



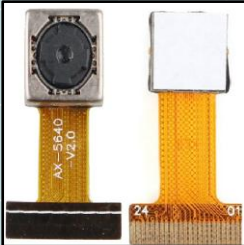
Μελλοντικές βελτιώσεις



1. Αντικατάσταση των μικροελεγκτών με την πλατφόρμα ESP32-S3 CAM



2. Βελτιστοποίηση Πόρων



3. Αναβάθμιση του Αισθητήρα Εικόνας με OV5640 AF



4. Εισαγωγή περισσότερων ραδιοφωνικών σταθμών



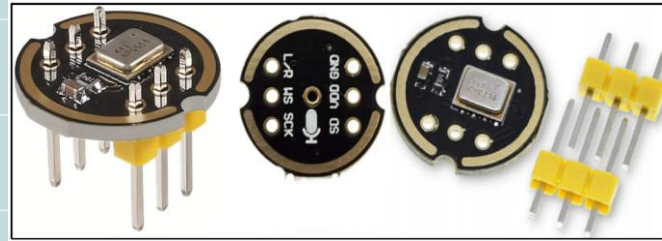
5. Αναπαραγωγή Μουσικής από Κάρτα SD



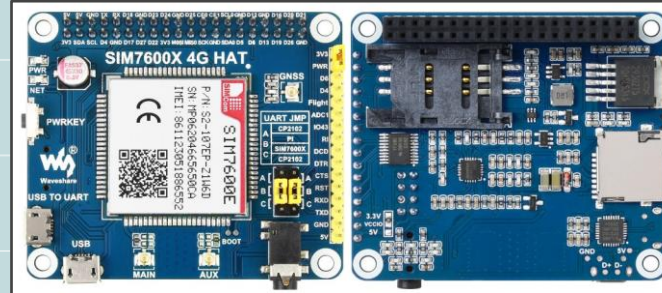
6. Υποστήριξη OTA (Over-the-Air) ενημερώσεων



7. Αναβάθμιση Συστήματος Τροφοδοσίας



8. Προσθήκη I²S μικροφώνου INMP441



9. Προσθήκη SIM7600E-H 4G HAT



Ευχαριστώ για τον χρόνο σας!

Είμαι στην διάθεσή σας για οπουδήποτε ερώτηση;

CREDITS: This presentation template was created by **Slidesgo**, including
icons by **Flaticon** and infographics & images by **Freepik**