



INTERNATIONAL  
HELLENIC  
UNIVERSITY

**Τμήμα Μηχανικών Πληροφορικής και Ηλεκτρονικών Συστημάτων**

---

Θέμα πτυχιακής εργασίας:

**Αναλογικό ρολόι νυκτός με χρήση διευθυνσιοδοτούμενης ταινίας  
LED WS2812B**

**Analog night clock using addressable LED strip WS2812B**



**Χατζηπαυλίδης Ευστάθιος**

**A.M: 518179**

Επιβλέπων καθηγητής: ΑΓΓΕΛΟΣ ΓΙΑΚΟΥΜΗΣ  
Θεσσαλονίκη 2026

## ΥΠΕΥΘΥΝΗ ΔΗΛΩΣΗ ΣΥΓΓΡΑΦΕΑ

Ο κάτωθι υπογεγραμμένος/η, Χατζηπαυλίδης Ευστάθιος φοιτητής του Τμήματος Μηχανικών Πληροφορικής και Ηλεκτρονικών Συστημάτων της Σχολής Μηχανικών του Διεθνούς Πανεπιστημίου της Ελλάδος, δηλώνω υπεύθυνα ότι η παρούσα εργασία με τίτλο "Αναλογικό ρολόι νυκτός με χρήση διευθυνσιοδοτούμενης ταινίας led WS2812B" αποτελεί προϊόν προσωπικής συγγραφής και προσπάθειας.

Δηλώνω ότι έχω τηρήσει τους κανόνες δεοντολογίας και επιστημονικής συγγραφής, δεν έχω προβεί σε αντιγραφή ή λογοκλοπή και, όπου έγινε χρήση πληροφοριών ή δεδομένων από άλλες πηγές, αυτές έχουν καταγραφεί και τεκμηριωθεί κατάλληλα σύμφωνα με τις ισχύουσες οδηγίες του ιδρύματος.

Επιπλέον, αποδέχομαι ότι σε περίπτωση διαπίστωσης παραβίασης των ανωτέρω, υπέχω τις συνέπειες που προβλέπονται από τον Εσωτερικό Κανονισμό Σπουδών και τον Κώδικα Δεοντολογίας του Πανεπιστημίου.

Ημερομηνία: Παρασκευή 23 Ιανουαρίου

Όνοματεπώνυμο: Χατζηπαυλίδης Ευστάθιος

Αριθμός Μητρώου: 518179

Υπογραφή:

A photograph of a handwritten signature in blue ink on a light-colored surface. The signature is stylized and appears to be the name of the student mentioned in the text above.

## Ευχαριστίες

Θα ήθελα να ευχαριστήσω τους γονείς μου, που με στήριξαν με κάθε τρόπο σε όλη αυτή την διαδρομή για να καταφέρω να βρεθώ σε αυτό το σημείο.

Κυρίως θα ήθελα να ευχαριστήσω τον επιβλέποντα καθηγητή μου, Επίκουρο καθηγητή, ΑΓΓΕΛΟ ΓΙΑΚΟΥΜΗ, που με βοήθησε καθ' όλη την διάρκεια της διπλωματικής για τυχόν απορίες και προβλήματα που μπορεί να αντιμετώπισα.

## Ακρωνύμια- Ορολογία

- **LED (Light Emitting Diode):** Δίοδος εκπομπής φωτός. Τα βασικά στοιχεία που απαρτίζουν την ταινία φωτισμού του ρολογιού.
- **RGB (Red-Green-Blue):** Το μοντέλο τριών χρωμάτων που χρησιμοποιείται για την ανάμειξη και προβολή φωτός στα LEDs.
- **WS2812B:** Τύπος διευθυνσιοδοτούμενου RGB LED με ενσωματωμένο ελεγκτή (IC) που επιτρέπει τον έλεγχο πολλών LEDs μέσω ενός μόνο data pin.
- **MCU (Microcontroller Unit):** Μικροελεγκτής όπως Arduino ή ESP32 που ελέγχει τα LEDs και διαχειρίζεται τον χρόνο.
- **RTC (Real Time Clock):** Ανεξάρτητο ρολόι ακριβείας που χρησιμοποιείται για συνεχή χρονική αναφορά, συχνά σε Arduino-based ρολόγια.
- **NTP (Network Time Protocol):** Πρωτόκολλο συγχρονισμού ώρας μέσω δικτύου, χρήσιμο σε Wi-Fi enabled μικροελεγκτές (π.χ. ESP8266/ESP32).
- **ESP8266/ESP32:** Microcontrollers με Wi-Fi δυνατότητες, κατάλληλοι για projects που απαιτούν συνδεσιμότητα.
- **PWM (Pulse Width Modulation):** Τεχνική ρύθμισης της φωτεινότητας των LEDs μέσω ελέγχου της διάρκειας του παλμού.
- **IDE (Integrated Development Environment):** Ενιαίο περιβάλλον ανάπτυξης λογισμικού – συνήθως Arduino IDE για προγραμματισμό του ρολογιού.
- **FastLED / Adafruit NeoPixel:** Δημοφιλείς βιβλιοθήκες για τον προγραμματισμό διευθυνσιοδοτούμενων LED.
- **PCB (Printed Circuit Board):** Τυπωμένο κύκλωμα που μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την τοποθέτηση των ηλεκτρονικών στοιχείων του ρολογιού.
- **DC 5V:** Τυπική τάση λειτουργίας για WS2812B LEDs και αντίστοιχους μικροελεγκτές.
- **3D Printing:** Τεχνολογία τρισδιάστατης εκτύπωσης για δημιουργία περιβλήματος του ρολογιού.

Περιεχόμενα	
Ευχαριστίες.....	3
Ακρωνύμια- Ορολογία .....	4
Περίληψη.....	7
Abstract .....	9
1. Εισαγωγή .....	11
1.1 Σκοπός και στόχοι παρούσας πτυχιακής εργασίας .....	13
1.2 Περιγραφή λειτουργίας του ρολογιού. ....	14
1.3 Κύρια Στοιχεία .....	15
2.Θεωρητικό Υπόβαθρο. ....	16
2.1 Αναλογικά ρολόγια και τρόπος απεικόνισης της ώρας .....	16
2.2 Τεχνολογία WS2812B και διευθυνσιοδότηση LED. ....	18
2.3 Μικροελεγκτές και επικοινωνία με ταινίες LED.....	20
2.3.1 Τι είναι οι μικροελεγκτές; .....	20
2.3.2 Επικοινωνία με ταινίες LED.....	21
3.Υλικά και Εξοπλισμός. ....	22
3.1 Ταινία LED WS2812B.....	22
3.2 Μικροελεγκτής (π.χ. Arduino, ESP32). ....	24
3.3 Τροφοδοσία .....	25
3.4 Δομή/πλαίσιο ρολογιού.....	26
3.5 RTC module (π.χ. DS3231).....	27
3.6 Αντιστάσεις, καλώδια, συγκολλητικό υλικό, button .....	28
4. Μεθοδολογία Κατασκευαστικού Μέρους.....	30
4.1 Σχεδιασμός και προγραμματισμός.....	30
4.1.1Επιλογή μικροελεγκτή και βιβλιοθηκών. ....	30
4.1.2Ανάπτυξη κώδικα για απεικόνιση ώρας με LED. ....	32
4.2 Χρήση RTC για ακριβή ώρα. ....	34
4.3 Κατασκευή πλαισίου ρολογιού. ....	36
4.4 Ηλεκτρονική σύνδεση.....	41
4.5 Κώδικας Ελέγχου (Arduino IDE) .....	43
5.Δοκιμές και Βελτιστοποίηση.....	60
5.1 Έλεγχος ακρίβειας ώρας .....	60
5.2 Ρύθμιση φωτεινότητας για νυκτερινή χρήση .....	62
5.3 Αντιμετώπιση σφαλμάτων.....	64
6.Συμπεράσματα και Μελλοντικές Επεκτάσεις. ....	66
6.1 Αξιολόγηση λειτουργίας .....	66

6.2 Προτάσεις για βελτίωση (π.χ. Wi-Fi συγχρονισμός, αισθητήρας φωτός).....	69
7. Βιβλιογραφία .....	70

## Περίληψη

Το αναλογικό ρολόι νυκτός με χρήση της διευθυνσιοδοτούμενης ταινίας LED WS2812B αποτελεί έναν έξυπνο συνδυασμό τεχνολογίας και σχεδιαστικής καινοτομίας, προσφέροντας έναν εναλλακτικό τρόπο απεικόνισης της ώρας στο σκοτάδι με εντυπωσιακά οπτικά εφέ. Το ρολόι αυτό δεν χρησιμοποιεί παραδοσιακούς δείκτες ή μηχανισμό, αλλά βασίζεται στην φωτεινή απεικόνιση μέσω μεμονωμένων LED που μπορούν να ελεγχθούν ξεχωριστά ως προς το χρώμα και τη φωτεινότητα, επιτρέποντας εξατομικευμένες ενδείξεις των ωρών, λεπτών και δευτερολέπτων.

Η ταινία LED WS2812B περιλαμβάνει RGB LEDs με ενσωματωμένα κυκλώματα ελέγχου, επιτρέποντας την χρήση ενός μόνο data pin για τη μεταφορά των δεδομένων χρώματος και λειτουργίας. Αυτό σημαίνει ότι η ταινία μπορεί να τοποθετηθεί κυκλικά (συνήθως σε σχήμα ρολογιού) και κάθε LED να αντιστοιχεί σε συγκεκριμένη χρονική ένδειξη. Η κατασκευή της περιλαμβάνει microcontroller όπως ο Arduino ή ESP8266/ESP32 που διαβάζει την πραγματική ώρα και ενεργοποιεί τα LEDs αναλόγως, συνθέτοντας ένα εφέ ρολογιού τύπου analog με διαδοχική ανάφλεξη των LED σε χρώματα που διακρίνονται εύκολα στο σκοτάδι, όπως κόκκινο για τις ώρες, πράσινο για τα λεπτά και μπλε για τα δευτερόλεπτα.

Η λειτουργία του ρολογιού προϋποθέτει ακριβή συγχρονισμό, είτε μέσω εσωτερικού ρολογιού (RTC module) είτε μέσω σύνδεσης σε δίκτυο για λήψη ώρας μέσω NTP (Network Time Protocol), ειδικά σε εκδόσεις με ESP8266/ESP32. Η ρύθμιση των χρωμάτων γίνεται με προγραμματισμό, συνήθως σε γλώσσα C++ μέσω πλατφόρμας Arduino IDE, αξιοποιώντας βιβλιοθήκες όπως η FastLED ή η Adafruit NeoPixel. Η κατανομή των LEDs στον κυκλικό δίσκο έχει υπολογιστεί ώστε να ταιριάζει με την αριθμητική αναπαράσταση της ώρας: τα 60 LEDs μπορούν να καλύψουν πλήρως τον κύκλο των λεπτών και δευτερολέπτων ενώ τα υπόλοιπα χρησιμοποιούνται για τις ώρες, με την αντίστοιχη χρωματική διαφοροποίηση.

Από άποψη πρακτικότητας, το ρολόι είναι ιδιαίτερα χρήσιμο σε συνθήκες χαμηλού φωτισμού, όπως υπνοδωμάτια, προσφέροντας ομαλό φως και εύκολη ανάγνωση της ώρας χωρίς φωτεινές οθόνες που αποσπούν ή ενοχλούν. Η αισθητική του έχει εντυπωσιακή δυναμική λόγω της κινούμενης φωτεινής απεικόνισης και προσφέρει δυνατότητες για καλλιτεχνική παρέμβαση στην εμφάνιση του χώρου. Παράλληλα,

ενσωματώνονται έξυπνες λειτουργίες όπως αλλαγή φωτεινότητας με βάση τον περιβάλλοντα φωτισμό, εναλλαγή θεμάτων χρώματος ή εφέ animation.

Η κατασκευή του προϋποθέτει καλή γνώση ηλεκτρονικών, συγκόλληση των τμημάτων της LED ταινίας και σύνδεση με microcontroller, τροφοδοσία 5V σταθερή και προστασία υπέρτασης. Επιπλέον, απαιτείται δημιουργικότητα στο περίβλημα, με δυνατότητα χρήσης διαφανών ακρυλικών ή τρισδιάστατης εκτύπωσης για το σώμα του ρολογιού. Το τελικό αποτέλεσμα είναι μια μοντέρνα, τεχνολογικά προηγμένη λύση για νυχτερινή απεικόνιση της ώρας, με δυνατότητα προσαρμογής και επέκτασης για επιπλέον λειτουργίες, όπως χρονομετρητή, εναλλαγή ώρας/ημερομηνίας ή ακόμα και ενσωμάτωση αισθητήρων κίνησης για ενεργοποίηση όταν εντοπίζεται παρουσία στον χώρο.

Το αναλογικό ρολόι νυκτός με WS2812B αποτελεί λοιπόν ένα ιδανικό παράδειγμα διασύνδεσης τεχνολογίας LED με έξυπνο σχεδιασμό και προγραμματισμό, εξυπηρετώντας τόσο αισθητικούς όσο και λειτουργικούς στόχους σε ένα σύγχρονο περιβάλλον.

# Abstract

The analog night clock using the addressable WS2812B LED strip is a clever combination of technology and design innovation, offering an alternative way to display the time in the dark with impressive visual effects. This clock does not use traditional hands or mechanisms but is based on the luminous display through individual LEDs that can be controlled separately in terms of color and brightness, allowing personalized indications of hours, minutes and seconds.

The WS2812B LED strip includes RGB LEDs with integrated control circuits, allowing the use of a single data pin to transfer color and mode data. This means that the strip can be placed in a circle (usually in the shape of a clock) and each LED corresponds to a specific time indication. Its construction includes a microcontroller such as Arduino or ESP8266/ESP32 that reads the real time and activates the LEDs accordingly, creating an analog clock effect with sequential lighting of the LEDs in colors that are easily distinguished in the dark, such as red for hours, green for minutes and blue for seconds.

The operation of the clock requires precise synchronization, either through an internal clock (RTC module) or through a network connection to receive time via NTP (Network Time Protocol), especially in versions with ESP8266/ESP32. The color adjustment is done by programming, usually in C++ language through the Arduino IDE platform, utilizing libraries such as FastLED or Adafruit NeoPixel. The distribution of LEDs on the circular disk has been calculated to match the numerical representation of the time: 60 LEDs can fully cover the minute and second cycle while the rest are used for the hours, with the corresponding color differentiation.

From a practical point of view, the clock is particularly useful in low-light conditions, such as bedrooms, offering smooth light and easy reading of the time without bright screens that distract or annoy. Its aesthetics have impressive dynamics due to the moving light display and offer possibilities for artistic intervention in the appearance of the space. At the same time, smart functions are integrated such as changing brightness based on the ambient lighting, switching color themes or animation effects.

Its construction requires good knowledge of electronics, soldering the sections of the LED strip and connecting to a microcontroller, a 5V constant power supply and overvoltage protection. In addition, creativity is required in the housing, with the

possibility of using transparent acrylic or 3D printing for the clock body. The latest result is a modern, technologically advanced solution for nighttime time display, with the ability to customize and expand for additional functions, such as a timer, time/date switching or even the integration of motion sensors to activate when a presence is detected in space.

The analog night clock with WS2812B is therefore an ideal example of interfacing LED technology with intelligent design and programming, serving both aesthetic and functional goals in a modern environment.

# 1. Εισαγωγή

Η τεχνολογία φωτισμού έχει εξελιχθεί ραγδαία τις τελευταίες δεκαετίες, με την εμφάνιση των LED (Light Emitting Diodes) να σηματοδοτεί μια νέα εποχή στον σχεδιασμό και στην εφαρμογή φωτεινών συστημάτων. Η δυνατότητα ελέγχου της έντασης, του χρώματος και της χρονικής συμπεριφοράς των LED έχει καταφέρει την ανάπτυξη ευφών φωτιστικών εφαρμογών, οι οποίες συνδυάζουν αισθητική, λειτουργικότητα και ενεργειακή αποδοτικότητα. Στο πλαίσιο αυτό, η ταινία LED τύπου WS2812B αποτελεί ένα από τα πιο δημοφιλή και ευέλικτα μέσα για την υλοποίηση φωτεινών έργων, χάρη στην ενσωματωμένη δυνατότητα διευθυνσιοδότησης κάθε LED ξεχωριστά μέσω ενός απλού πρωτοκόλλου επικοινωνίας.

Το παρόν έργο έχει ως στόχο την κατασκευή ενός αναλογικού ρολογιού νυκτός, το οποίο θα απεικονίζει την ώρα με τη χρήση της ταινίας WS2812B. Η καινοτομία του έργου έγκειται στην αξιοποίηση της χρωματικής διαφοροποίησης των LED για την απεικόνιση των δεικτών ώρας, λεπτών και δευτερολέπτων, καθώς και στην ενσωμάτωση αισθητήρα φωτός για την αυτόματη προσαρμογή της φωτεινότητας του ρολογιού ανάλογα με τις συνθήκες του περιβάλλοντος. Το αποτέλεσμα είναι ένα διαδραστικό και αισθητικά ευχάριστο φωτεινό ρολόι, το οποίο μπορεί να λειτουργήσει τόσο ως εύχρηστο εργαλείο όσο και ως διακοσμητικό ρολόι σε οικιακούς ή επαγγελματικούς χώρους.

Η έννοια του αναλογικού ρολογιού παραπέμπει στην κλασική απεικόνιση της ώρας μέσω κυκλικής διάταξης και περιστρεφόμενων δεικτών. Αν και τα ψηφιακά ρολόγια έχουν κυριαρχήσει στην καθημερινότητα, η αναλογική μορφή διατηρεί την αισθητική της αξία και προσφέρει μια πιο φυσική απεικόνιση του χρόνου. Στο έργο αυτό, η αναλογική απεικόνιση επιτυγχάνεται μέσω της κυκλικής τοποθέτησης των LED, όπου κάθε LED αντιστοιχεί σε μία μονάδα χρόνου (π.χ. 60 LED για τα δευτερόλεπτα). Η χρήση διαφορετικών χρωμάτων για κάθε δείκτη επιτρέπει την εύκολη αναγνώριση της ώρας, ενώ η δυνατότητα προγραμματισμού των LED προσφέρει ευελιξία στην παρουσίαση και τη λειτουργία του ρολογιού.

Η ταινία WS2812B αποτελεί μια σειρά από RGB LED, όπου κάθε LED περιλαμβάνει ενσωματωμένο κύκλωμα ελέγχου. Αυτό σημαίνει ότι κάθε LED μπορεί να ελεγχθεί ανεξάρτητα ως προς το χρώμα και τη φωτεινότητά του, μέσω ενός μόνο καλωδίου

δεδομένων. Η επικοινωνία βασίζεται σε χρονικά παλμικά σήματα, τα οποία μεταφέρουν τις πληροφορίες για κάθε LED σε αλυσίδα. Η απλότητα της σύνδεσης και η ευκολία προγραμματισμού καθιστούν την WS2812B ιδανική για εφαρμογές όπως φωτεινές ενδείξεις, διακοσμητικά στοιχεία, και φυσικά, ρολόγια.

Η υλοποίηση του έργου απαιτεί τη χρήση μικροελεγκτή, όπως το Arduino ή το ESP32, ο οποίος θα αναλάβει τον έλεγχο της ταινίας LED και την ανάγνωση της ώρας από εξωτερική πηγή, όπως ένα RTC (Real-Time Clock) module. Το RTC εξασφαλίζει την ακρίβεια της ώρας, ακόμα και όταν το σύστημα είναι εκτός τροφοδοσίας, χάρη στην ενσωματωμένη μπαταρία. Ο μικροελεγκτής θα επεξεργάζεται την ώρα και θα ενεργοποιεί τα αντίστοιχα LED για την απεικόνισή της, ενώ παράλληλα θα λαμβάνει δεδομένα από τον αισθητήρα φωτός για τη ρύθμιση της φωτεινότητας.

Η ενσωμάτωση αισθητήρα φωτός, όπως η φωτοαντίσταση (LDR), προσθέτει ένα επίπεδο αυτονομίας στο σύστημα. Ο αισθητήρας μετρά την ένταση του φωτός στο περιβάλλον και επιτρέπει στο ρολόι να προσαρμόζει τη φωτεινότητά του ανάλογα με τις συνθήκες. Σε σκοτεινό περιβάλλον, η φωτεινότητα μειώνεται ώστε να μην ενοχλεί, ενώ σε φωτεινό περιβάλλον αυξάνεται για καλύτερη ορατότητα. Αυτή η λειτουργία είναι ιδιαίτερα χρήσιμη για χρήση κατά τη διάρκεια της νύχτας, όπου η υπερβολική φωτεινότητα μπορεί να είναι ενοχλητική ή να διαταράσσει τον ύπνο.

Η κατασκευή του ρολογιού περιλαμβάνει τόσο το ηλεκτρονικό όσο και το μηχανικό μέρος. Το ηλεκτρονικό μέρος αφορά τη σύνδεση των εξαρτημάτων (μικροελεγκτής, ταινία LED, RTC, αισθητήρας φωτός), ενώ το μηχανικό μέρος περιλαμβάνει τη σχεδίαση και την κατασκευή του πλαισίου του ρολογιού. Το πλαίσιο μπορεί να είναι κυκλικό, ώστε να υποστηρίξει την αναλογική απεικόνιση, και να κατασκευαστεί από υλικά όπως ακρυλικό, ξύλο ή πλαστικό. Η ταινία LED τοποθετείται περιμετρικά, και τα LED ενεργοποιούνται ανάλογα με την ώρα.

Η προγραμματιστική υλοποίηση γίνεται μέσω της πλατφόρμας Arduino IDE, με χρήση βιβλιοθηκών όπως η FastLED ή η Adafruit NeoPixel για τον έλεγχο των LED, και η RTCLib για την επικοινωνία με το RTC module. Ο κώδικας περιλαμβάνει τη λήψη της ώρας, τον υπολογισμό των αντίστοιχων LED για κάθε δείκτη, την ενεργοποίηση των LED με τα κατάλληλα χρώματα, και τη ρύθμιση της φωτεινότητας βάσει της τιμής του αισθητήρα φωτός.

Η εκπαιδευτική και τεχνολογική αξία του έργου είναι πολλαπλή. Από εκπαιδευτικής πλευράς, το έργο προσφέρει ευκαιρίες για εξάσκηση σε βασικές αρχές ηλεκτρονικής, προγραμματισμού, σχεδίασης κυκλωμάτων και αισθητήρων. Από τεχνολογικής πλευράς, αναδεικνύει τη δυνατότητα συνδυασμού απλών τεχνολογιών για τη δημιουργία ευφών και αισθητικά ευχάριστων εφαρμογών. Επιπλέον, το έργο μπορεί να επεκταθεί με λειτουργίες όπως συγχρονισμός μέσω Wi-Fi, προσθήκη ημερολογίου ή ειδοποιήσεων, και ενσωμάτωση με συστήματα smart home.

Τέλος, η χρήση της WS2812B σε εφαρμογές όπως το ρολόι νυκτός αναδεικνύει τη σημασία της διευθυνσιοδότησης και του προγραμματισμού στον σύγχρονο φωτισμό. Η δυνατότητα ελέγχου κάθε LED ξεχωριστά ανοίγει νέους δρόμους για την απεικόνιση πληροφορίας μέσω φωτός, και καθιστά το φως όχι μόνο μέσο φωτισμού, αλλά και μέσο επικοινωνίας και αισθητικής έκφρασης.

## 1.1 Σκοπός και στόχοι παρούσας πτυχιακής εργασίας

Ο σκοπός του έργου είναι η σχεδίαση και υλοποίηση ενός αναλογικού ρολογιού νυκτός που βασίζεται σε διευθυνσιοδοτούμενη ταινία LED τύπου WS2812B, με στόχο την αισθητική και λειτουργική απεικόνιση της ώρας σε σκοτεινό περιβάλλον. Το ρολόι θα προβάλλει την ώρα μέσω φωτεινών ενδείξεων, αξιοποιώντας τις δυνατότητες των RGB LEDs για χρωματική διαφοροποίηση των δεικτών (ώρες, λεπτά, δευτερόλεπτα).

Η χρήση της WS2812B επιτρέπει τον ακριβή έλεγχο κάθε LED ξεχωριστά, προσφέροντας ευελιξία στον σχεδιασμό και δυνατότητα δημιουργίας δυναμικών εφέ φωτισμού. Το έργο συνδυάζει ηλεκτρονική σχεδίαση, προγραμματισμό μικροελεγκτή (π.χ. Arduino), και αισθητική τεχνολογία φωτισμού, με εφαρμογή σε οικιακούς ή διακοσμητικούς χώρους.

Στόχοι της πτυχιακής εργασίας.

- Κατανόηση της λειτουργίας της ταινίας WS2812B και του πρωτοκόλλου επικοινωνίας της (single-wire, timing-based).
- Σχεδίαση κυκλώματος που θα υποστηρίξει την τροφοδοσία και τον έλεγχο των LEDs.

- Προγραμματισμός μικροελεγκτή για την απεικόνιση της ώρας σε μορφή αναλογικού ρολογιού.
- Ανάπτυξη χρωματικού συστήματος για την διάκριση των δεικτών (π.χ. κόκκινο για ώρες, πράσινο για λεπτά, μπλε για δευτερόλεπτα).
- Ενσωμάτωση αισθητήρα φωτός (π.χ. LDR) για αυτόματη ρύθμιση της φωτεινότητας ανάλογα με το περιβάλλον.
- Αισθητικός σχεδιασμός του ρολογιού ώστε να λειτουργεί ως διακοσμητικό στοιχείο νυκτός.
- Αξιολόγηση της ενεργειακής απόδοσης και της σταθερότητας του συστήματος.

## 1.2 Περιγραφή λειτουργίας του ρολογιού.

Το ρολόι αποτελεί μία από τις πιο σημαντικές εφευρέσεις στην ιστορία της ανθρωπότητας, επιτρέποντας την ακριβή μέτρηση και οργάνωση του χρόνου. Από τα αρχαία ηλιακά ρολόγια έως τα σύγχρονα ατομικά ρολόγια, η εξέλιξη της τεχνολογίας του ρολογιού αντικατοπτρίζει την πρόοδο της επιστήμης και της μηχανικής. Στην παρούσα εργασία αναλύεται η λειτουργία του μηχανικού και του ψηφιακού ρολογιού, καθώς και η σημασία του στην καθημερινή ζωή και την επιστήμη.

Η μέτρηση του χρόνου ξεκίνησε με φυσικά φαινόμενα, όπως η κίνηση του ήλιου και της σελήνης. Τα πρώτα ρολόγια ήταν ηλιακά, βασισμένα στη σκιά που δημιουργούσε ο ήλιος σε ένα σταθερό σημείο (Landes, 2000). Αργότερα, εμφανίστηκαν τα υδραυλικά και τα μηχανικά ρολόγια, με σημαντική πρόοδο κατά τον Μεσαίωνα, όταν κατασκευάστηκαν τα πρώτα πύργια με μηχανικά ρολόγια στην Ευρώπη.

Το μηχανικό ρολόι λειτουργεί μέσω ενός συστήματος γρναζιών, ελατηρίων και ρυθμιστικών μηχανισμών. Τα βασικά μέρη του είναι:

- **Κύριο ελατήριο (mainspring):** Αποθηκεύει την ενέργεια που παρέχεται με το κούρδισμα.
- **Τροχός διαφυγής (escapement):** Ρυθμίζει την απελευθέρωση της ενέργειας.
- **Ισορροπία (balance wheel):** Δονείται σε σταθερή συχνότητα και καθορίζει την ακρίβεια.
- **Γρανάζια:** Μεταδίδουν την κίνηση στους δείκτες.

Η ενέργεια από το ελατήριο μεταφέρεται στα γρανάζια, τα οποία κινούν τους δείκτες του ρολογιού. Ο τροχός διαφυγής εξασφαλίζει ότι η ενέργεια απελευθερώνεται σε σταθερά χρονικά διαστήματα, επιτρέποντας την ακριβή μέτρηση του χρόνου (Milham, 1945).

## Ρυθμιστικός Μηχανισμός

Ο ρυθμιστικός μηχανισμός είναι υπεύθυνος για τη σταθερότητα της λειτουργίας. Η ισορροπία και το ελατήριο ισορροπίας λειτουργούν όπως το εκκρεμές, διατηρώντας σταθερό ρυθμό ταλάντωσης. Η ακρίβεια εξαρτάται από τη θερμοκρασία, τη φθορά και την ποιότητα των υλικών (Dohrn-van Rossum, 1996).

Τα ψηφιακά ρολόγια βασίζονται σε ηλεκτρονικά κυκλώματα και χρησιμοποιούν κρυστάλλους χαλαζία για τη μέτρηση του χρόνου. Ο χαλαζίας δονείται σε συγκεκριμένη συχνότητα όταν εφαρμόζεται ηλεκτρικό ρεύμα, δημιουργώντας παλμούς που μετατρέπονται σε μονάδες χρόνου (Jones, 2001).

### 1.3 Κύρια Στοιχεία

- **Κρύσταλλος χαλαζία:** Δονείται στα 32.768 Hz.
- **Διαιρέτης συχνότητας:** Μετατρέπει τους παλμούς σε δευτερόλεπτα.
- **Μικροεπεξεργαστής:** Επεξεργάζεται τα δεδομένα και ελέγχει την οθόνη.
- **Οθόνη LCD/LED:** Εμφανίζει την ώρα ψηφιακά.

Η ακρίβεια των ψηφιακών ρολογιών είναι πολύ υψηλή, με αποκλίσεις της τάξης των δευτερολέπτων ανά μήνα, λόγω της σταθερότητας του χαλαζία (Wehr, 1982).

Τα ατομικά ρολόγια είναι τα πιο ακριβή ρολόγια που έχουν κατασκευαστεί. Λειτουργούν με βάση τις ταλαντώσεις των ατόμων, συνήθως του καισίου ή του υδρογόνου. Το ρολόι καισίου χρησιμοποιείται ως πρότυπο για τον καθορισμό του δευτερολέπτου στο Διεθνές Σύστημα Μονάδων (SI) (Vanier & Audoin, 1989).

Η ακριβής μέτρηση του χρόνου είναι κρίσιμη για:

- **Πλοήγηση GPS:** Τα δορυφορικά συστήματα βασίζονται σε συγχρονισμένα ρολόγια.
- **Τηλεπικοινωνίες:** Η μεταφορά δεδομένων απαιτεί χρονικό συγχρονισμό.
- **Επιστημονικά πειράματα:** Η χρονομέτρηση είναι απαραίτητη για τη συλλογή και ανάλυση δεδομένων.

Η λειτουργία του ρολογιού, είτε μηχανικού είτε ψηφιακού, αποτελεί ένα θαύμα της μηχανικής και της φυσικής. Από την απλή κίνηση των γραναζιών έως τις ατομικές ταλαντώσεις, η εξέλιξη της τεχνολογίας του ρολογιού αντικατοπτρίζει την ανθρώπινη προσπάθεια για ακρίβεια και οργάνωση. Η σημασία του ρολογιού στην καθημερινή ζωή και την επιστήμη είναι ανεκτίμητη, και η μελέτη της λειτουργίας του προσφέρει πολύτιμες γνώσεις για την κατανόηση του χρόνου

## 2. Θεωρητικό Υπόβαθρο.

### 2.1 Αναλογικά ρολόγια και τρόπος απεικόνισης της ώρας

Τα αναλογικά ρολόγια αποτελούν μία από τις πιο διαχρονικές και εικονικές μορφές απεικόνισης της ώρας, με ιστορική και τεχνολογική εξέλιξη που υπάρχει από την αρχαιότητα έως τη σύγχρονη εποχή. Η βασική αρχή λειτουργίας τους βασίζεται στην περιστροφή δεικτών γύρω από έναν κυκλικό δίσκο, ο οποίος φέρει αριθμητικές ενδείξεις ή σύμβολα που αντιστοιχούν στις ώρες της ημέρας. Ο δείκτης των ωρών

κινείται αργά, ολοκληρώνοντας μία πλήρη περιστροφή κάθε 12 ώρες, ενώ ο δείκτης των λεπτών περιστρέφεται ταχύτερα, ολοκληρώνοντας μία πλήρη περιστροφή κάθε ώρα. Σε πιο εξελιγμένα μοντέλα υπάρχει και τρίτος δείκτης για τα δευτερόλεπτα ο οποίος ολοκληρώνει μία περιστροφή κάθε λεπτό. [6]

Η απεικόνιση της ώρας στα αναλογικά ρολόγια βασίζεται σε ένα σύστημα γραναζιών και μηχανισμών που μετατρέπουν την ενέργεια (είτε από ελατήριο είτε από μπαταρία) σε περιστροφική κίνηση. Ο μηχανισμός αυτός είναι γνωστός ως ωρολογιακός μηχανισμός και περιλαμβάνει στοιχεία όπως το εκκρεμές, το ελατήριο, τον τροχό διαφυγής και την άγκυρα, τα οποία συνεργάζονται για να διατηρούν σταθερό ρυθμό κίνησης των δεικτών. [6],[7]

Η ιστορική εξέλιξη των αναλογικών ρολογιών ξεκινά από τα ηλιακά ρολόγια των αρχαίων πολιτισμών, όπως των Αιγυπτίων και των Ελλήνων, όπου η σκιά ενός οβελίσκου ή ράβδου υποδείκνυε την ώρα της ημέρας. Αργότερα, εμφανίστηκαν οι κλεψύδρες και οι αστρολάβοι, που επέτρεπαν πιο ακριβή μέτρηση του χρόνου. Τον 13ο αιώνα κατασκευάστηκαν τα πρώτα μηχανικά ρολόγια στην Ευρώπη, ενώ τον 17ο αιώνα διαδόθηκαν τα ρολόγια τσέπης. Η εφεύρεση του ναυτικού χρονομέτρου από τον John Harrison τον 18ο αιώνα αποτέλεσε σταθμό στην ακριβή μέτρηση του χρόνου για ναυσιπλοΐα. [7]

Η απεικόνιση της ώρας στα αναλογικά ρολόγια έχει και αισθητική διάσταση. Η κυκλική διάταξη των αριθμών και η κίνηση των δεικτών προσφέρουν μία οπτικά ευχάριστη εμπειρία, ενώ η χρήση διαφορετικών σχεδίων, υλικών και χρωμάτων επιτρέπει την εξατομίκευση. Επιπλέον, η αναλογική απεικόνιση της ώρας θεωρείται πιο διαισθητική για πολλούς ανθρώπους, καθώς επιτρέπει την εκτίμηση του χρόνου με βάση τη θέση των δεικτών, χωρίς να απαιτείται ακριβής αριθμητική ανάγνωση. [7], [8]

Στην εκπαιδευτική διαδικασία, τα αναλογικά ρολόγια χρησιμοποιούνται ευρέως για τη διδασκαλία της έννοιας του χρόνου, ιδιαίτερα σε μικρές ηλικίες. Μέσα από εργαλεία όπως το Gynzy, οι μαθητές μαθαίνουν να αναγνωρίζουν τις ώρες και τα λεπτά, να υπολογίζουν χρονικές διαφορές και να εξοικειώνονται με τη σχέση μεταξύ αναλογικής και ψηφιακής απεικόνισης. [8]

Παρά την κυριαρχία των ψηφιακών ρολογιών στην καθημερινότητα, τα αναλογικά ρολόγια διατηρούν τη θέση τους ως σύμβολα ακρίβειας, αισθητικής και παράδοσης.

Η χρήση τους σε χώρους όπως σχολεία, δημόσια κτίρια και κατοικίες δηλώνει τη αξία τους. Επιπλέον, η τεχνολογική εξέλιξη έχει επιτρέψει την ενσωμάτωση αναλογικών στοιχείων σε έξυπνα ρολόγια και συσκευές, διατηρώντας την κλασική απεικόνιση σε σύγχρονα περιβάλλοντα.[8]

Συνοψίζοντας, τα αναλογικά ρολόγια αποτελούν όχι μόνο εργαλεία μέτρησης του χρόνου αλλά και πολιτιστικά αντικείμενα με ιστορική σημασία. Η απεικόνιση της ώρας μέσω δεικτών και κυκλικής διάταξης παραμένει επίκαιρη, συνδυάζοντας λειτουργικότητα, αισθητική και εκπαιδευτική αξία. [8], [9]

## 2.2 Τεχνολογία WS2812B και διευθυνσιοδότηση LED.

Η τεχνολογία WS2812B αποτελεί μία από τις πιο δημοφιλείς λύσεις στον χώρο του προγραμματιζόμενου φωτισμού, χάρη στην ευκολία χρήσης, την ευελιξία και την ικανότητα διευθυνσιοδότησης κάθε LED ξεχωριστά. Η WS2812B είναι μια ενσωματωμένη μονάδα RGB LED, η οποία συνδυάζει τρία LED (κόκκινο, πράσινο, μπλε) με έναν ελεγκτή IC σε ένα ενιαίο πακέτο τύπου 5050. Αυτή η ενσωμάτωση επιτρέπει τον ακριβή έλεγχο χρώματος και φωτεινότητας μέσω ενός μόνο data pin, καθιστώντας την ιδανική για εφαρμογές όπως διακοσμητικός φωτισμός, οθόνες LED, wearable τεχνολογία και DIY projects. [4]

Η βασική αρχή λειτουργίας της WS2812B βασίζεται στην σειριακή μετάδοση δεδομένων. Κάθε LED διαθέτει τέσσερις ακροδέκτες: VDD (τροφοδοσία), GND (γείωση), DIN (είσοδος δεδομένων) και DOUT (έξοδος δεδομένων). Το σήμα δεδομένων εισέρχεται στο πρώτο LED μέσω του DIN, αποθηκεύεται σε έναν εσωτερικό καταχωρητή 24-bit (8 bit για κάθε χρώμα), και στη συνέχεια το υπόλοιπο σήμα προωθείται μέσω του DOUT στο επόμενο LED της αλυσίδας. Αυτή η διαμόρφωση τύπου daisy-chain επιτρέπει τον έλεγχο εκατοντάδων LEDs με ακρίβεια, χωρίς την ανάγκη για πολλαπλά κανάλια ελέγχου. [5]

Η διευθυνσιοδότηση των LEDs επιτυγχάνεται μέσω του πρωτοκόλλου NZR (Non-Return to Zero), το οποίο χρησιμοποιεί παλμούς πλάτους για την αναπαράσταση των δυαδικών τιμών. Ένα λογικό "1" αντιστοιχεί σε παλμό υψηλής τάσης διάρκειας περίπου 0.8μs, ενώ ένα "0" σε παλμό 0.4μs. Η συνολική διάρκεια κάθε bit είναι 1.25μs, με συχνότητα μετάδοσης 800kHz. Μετά την αποστολή των δεδομένων, απαιτείται παλμός επαναφοράς διάρκειας τουλάχιστον 50μs για την ολοκλήρωση του κύκλου και την προετοιμασία για νέα δεδομένα. [4], [5]

Η τεχνολογία WS2812B προσφέρει σημαντικά πλεονεκτήματα σε σχέση με άλλες διευθυνσιοδοτούμενες λύσεις όπως οι WS2811 και WS2813. Σε αντίθεση με την WS2811, η οποία απαιτεί εξωτερικό ελεγκτή και λειτουργεί στα 12V, η WS2812B λειτουργεί στα 5V και ενσωματώνει τον ελεγκτή στο ίδιο πακέτο LED, μειώνοντας την πολυπλοκότητα και το κόστος εγκατάστασης. Επιπλέον, η WS2812B υποστηρίζει cascading μέσω μιας μόνο γραμμής δεδομένων, με δυνατότητα ελέγχου έως και 1024 LEDs σε ρυθμό ανανέωσης 30fps, διατηρώντας υψηλή συνέπεια χρώματος και ομαλές μεταβάσεις. [5]

Η χρήση της WS2812B απαιτεί προσεκτική διαχείριση της τροφοδοσίας, καθώς η πτώση τάσης μπορεί να επηρεάσει την ακρίβεια των χρωμάτων, ιδιαίτερα σε μεγάλες αλυσίδες LEDs. Συνιστάται η έγχυση ισχύος σε διάφορα σημεία της ταινίας LED για την αποφυγή απώλειας τάσης και την εξασφάλιση ομοιόμορφης φωτεινότητας. Επιπλέον, η χρήση πυκνωτών και αντιστάσεων μπορεί να βοηθήσει στη σταθεροποίηση του σήματος και στην αποφυγή ηλεκτρικών θορύβων. [4]

Η προγραμματιστική διαχείριση των WS2812B LEDs γίνεται συνήθως μέσω μικροελεγκτών όπως Arduino, ESP8266 ή ESP32, χρησιμοποιώντας βιβλιοθήκες όπως FastLED ή Adafruit NeoPixel. Οι βιβλιοθήκες αυτές παρέχουν έτοιμες συναρτήσεις για τον έλεγχο χρώματος, φωτεινότητας, εφέ animation και συγχρονισμού, διευκολύνοντας την ανάπτυξη πολύπλοκων εφαρμογών φωτισμού. Για παράδειγμα, η FastLED υποστηρίζει χρωματικά μοντέλα HSV και RGB, καθώς και λειτουργίες fade, blur και noise, προσφέροντας μεγάλη δημιουργική ευελιξία. [5]

Η WS2812B έχει βρει εφαρμογή σε πληθώρα πεδίων, από διακοσμητικό φωτισμό και αρχιτεκτονικές εγκαταστάσεις έως εκπαιδευτικά projects και καλλιτεχνικές δημιουργίες. Η δυνατότητα ακριβούς ελέγχου κάθε LED ξεχωριστά επιτρέπει την δημιουργία δυναμικών οθονών, matrix displays, φωτεινών μηνυμάτων και διαδραστικών εγκαταστάσεων. Επιπλέον, η συμβατότητα με 3D εκτυπωμένα περιβλήματα και η ευκολία ενσωμάτωσης σε PCB καθιστούν την WS2812B ιδανική για custom hardware σχεδιασμούς. [4], [5]

Αξίζει να σημειωθεί ότι η WS2812B έχει εξελιχθεί σε διάφορες παραλλαγές, όπως WS2812C, WS2812E και WS2812B-ECO, με βελτιώσεις σε θέματα κατανάλωσης ενέργειας, φωτεινότητας και θερμικής διαχείρισης. Οι παραλλαγές αυτές προσφέρουν επιλογές για διαφορετικές απαιτήσεις έργων, όπως υψηλή πυκνότητα LEDs, αδιαβροχοποίηση (IP65/IP67) και ενισχυμένη αντοχή σε εξωτερικές συνθήκες. [5]

Συμπερασματικά, η τεχνολογία WS2812B αποτελεί μία καινοτόμα και ευέλικτη λύση για τον προγραμματιζόμενο φωτισμό, συνδυάζοντας υψηλή απόδοση, απλότητα εγκατάστασης και δημιουργική ελευθερία. Η δυνατότητα διευθυνσιοδότησης κάθε LED ξεχωριστά, η ενσωμάτωση του ελεγκτή στο ίδιο πακέτο και η υποστήριξη από πλούσιες βιβλιοθήκες προγραμματισμού καθιστούν την WS2812B ιδανική επιλογή για εκπαιδευτικά, καλλιτεχνικά και τεχνολογικά έργα. [5]

## 2.3 Μικροελεγκτές και επικοινωνία με ταινίες LED.



Εικόνα 1: Μικροελεγκτής.

Οι μικροελεγκτές αποτελούν την καρδιά των σύγχρονων ενσωματωμένων συστημάτων και παίζουν καθοριστικό ρόλο στην επικοινωνία με ταινίες LED, ειδικά όταν πρόκειται για διευθυνσιοδοτούμενες λύσεις όπως οι WS2812B. Η δυνατότητα ελέγχου κάθε LED ξεχωριστά μέσω ενός μικροελεγκτή επιτρέπει την υλοποίηση πολύπλοκων φωτεινών εφέ, δυναμικών χρωματικών μεταβάσεων και διαδραστικών εφαρμογών. [1]

### 2.3.1 Τι είναι οι μικροελεγκτές;

Οι μικροελεγκτές (MCUs) είναι ολοκληρωμένα κυκλώματα που περιλαμβάνουν επεξεργαστή, μνήμη και περιφερειακές μονάδες εισόδου/εξόδου. Χρησιμοποιούνται για τον έλεγχο συσκευών και αισθητήρων σε πραγματικό χρόνο. Δημοφιλείς μικροελεγκτές για LED projects περιλαμβάνουν:

- **Arduino Uno / Nano:** Ιδανικοί για αρχάριους, με εύκολη προγραμματιστική προσέγγιση.
- **ESP8266 / ESP32:** Προσφέρουν Wi-Fi και Bluetooth δυνατότητες, κατάλληλοι για IoT εφαρμογές.
- **Raspberry Pi Pico:** Χαμηλού κόστους, με ισχυρή υποστήριξη για MicroPython και C++.
- **PIC / STM32:** Βιομηχανικής κλάσης μικροελεγκτές με υψηλή απόδοση και ευελιξία. [2], [14]

### 2.3.2 Επικοινωνία με ταινίες LED

Οι ταινίες LED διακρίνονται σε δύο βασικές κατηγορίες:

- **Αναλογικές ταινίες LED:** Όλα τα LEDs ανάβουν με το ίδιο χρώμα και φωτεινότητα.
- **Διευθυνσιοδοτούμενες ταινίες LED:** Κάθε LED μπορεί να ελεγχθεί ξεχωριστά.

Η επικοινωνία μεταξύ μικροελεγκτή και ταινίας LED γίνεται μέσω ψηφιακών πρωτοκόλλων όπως:

- **SPI (Serial Peripheral Interface):** Χρησιμοποιείται σε ταινίες όπως APA102 και SK9822.
- **One-wire protocol:** Χαρακτηριστικό των WS2812B, όπου όλα τα δεδομένα μεταδίδονται μέσω ενός data pin.
- **I2C / UART:** Λιγότερο συχνά για LED, αλλά χρήσιμα σε συνδυασμό με αισθητήρες.

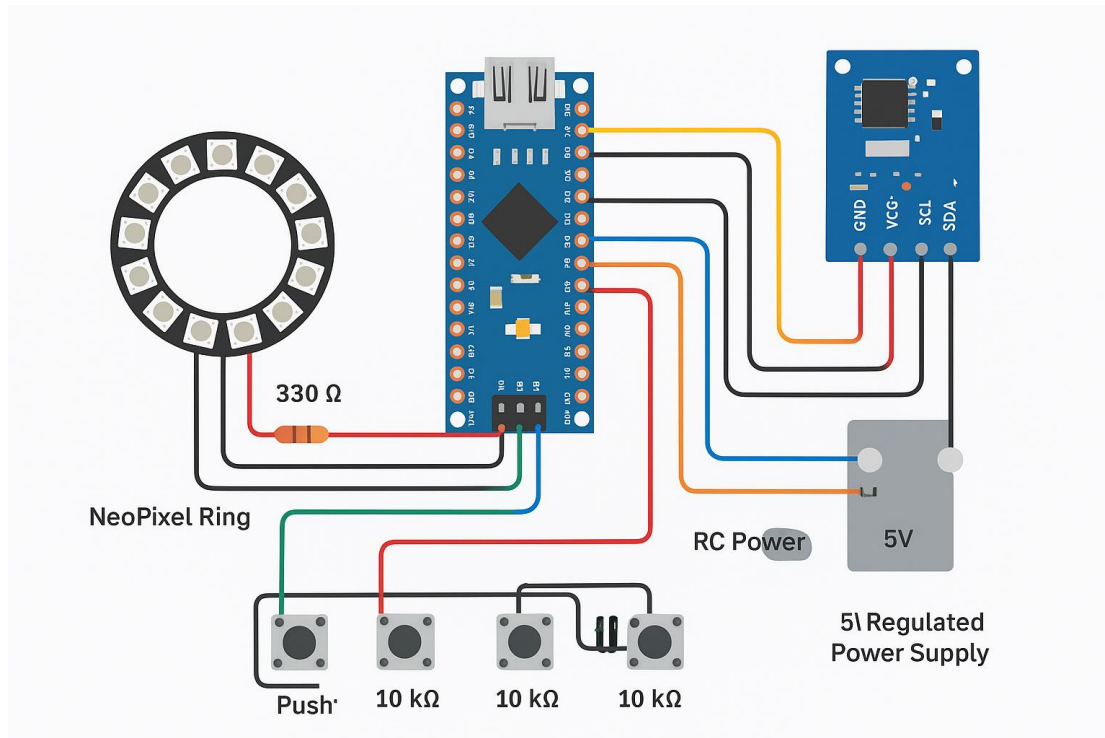
### Πώς λειτουργεί η επικοινωνία;

Ο μικροελεγκτής στέλνει σειριακά δεδομένα στην ταινία LED, καθορίζοντας το χρώμα και τη φωτεινότητα κάθε LED. Για παράδειγμα, στην WS2812B, κάθε LED λαμβάνει 24 bits (8 για κάθε χρώμα RGB). Η βιβλιοθήκη **FastLED** ή **Adafruit NeoPixel** αναλαμβάνει την αποστολή αυτών των δεδομένων με ακρίβεια χρονισμού.

Η διαδικασία περιλαμβάνει:

- **Αρχικοποίηση της βιβλιοθήκης** στον κώδικα.
- **Ορισμός αριθμού LEDs και data pin.**
- **Δημιουργία εφέ** (π.χ. rainbow, fade, chase).

- Αποστολή δεδομένων με `FastLED.show()` ή `strip.show()`.



Εικόνα 2 : Σχεδιαστική απεικόνιση του κυκλώματος της κατασκευής

### 3. Υλικά και Εξοπλισμός.

#### 3.1 Ταινία LED WS2812B.

Η ταινία LED WS2812B αποτελεί μία από τις πιο δημοφιλείς και ευέλικτες λύσεις στον χώρο του προγραμματιζόμενου φωτισμού, χάρη στην ενσωματωμένη τεχνολογία διευθυνσιοδότησης και την απλότητα εγκατάστασης. Κάθε LED της ταινίας είναι τύπου RGB και περιλαμβάνει ενσωματωμένο ολοκληρωμένο κύκλωμα ελέγχου (IC), το οποίο επιτρέπει τον ανεξάρτητο έλεγχο χρώματος και φωτεινότητας για κάθε μονάδα. Αυτό σημαίνει ότι κάθε LED μπορεί να προγραμματιστεί ξεχωριστά, δημιουργώντας πολύπλοκα μοτίβα φωτισμού, κινούμενα εφέ και δυναμικές χρωματικές μεταβάσεις.

Η ταινία λειτουργεί με τάση 5V και χρησιμοποιεί πρωτόκολλο σειριακής επικοινωνίας ενός καλωδίου (one-wire protocol), γεγονός που απλοποιεί σημαντικά την καλωδίωση. Το σήμα δεδομένων μεταδίδεται από τον μικροελεγκτή στο πρώτο

LED, το οποίο αποθηκεύει τις δικές του πληροφορίες και προωθεί το υπόλοιπο σήμα στο επόμενο LED της αλυσίδας. Αυτή η διαδοχική μετάδοση επιτρέπει τον έλεγχο εκατοντάδων LEDs με ακρίβεια, χωρίς την ανάγκη για πολλαπλά κανάλια ή πολύπλοκες συνδέσεις. [5]

Η WS2812B είναι διαθέσιμη σε διάφορες πυκνότητες, από 30 έως 144 LEDs ανά μέτρο, καλύπτοντας διαφορετικές ανάγκες φωτεινότητας και ανάλυσης. Οι ταινίες μπορούν να κοπούν σε προκαθορισμένα σημεία και να επανασυνδεθούν, προσφέροντας ευελιξία στην τοποθέτηση και προσαρμογή. Επιπλέον, διατίθενται σε διαφορετικά επίπεδα αδιαβροχοποίησης (IP20, IP65, IP67), καθιστώντας τις κατάλληλες για εσωτερική και εξωτερική χρήση.

Η προγραμματιστική διαχείριση της ταινίας γίνεται μέσω μικροελεγκτών όπως Arduino, ESP8266 ή ESP32, με τη χρήση βιβλιοθηκών όπως FastLED και Adafruit NeoPixel. Οι βιβλιοθήκες αυτές προσφέρουν έτοιμες συναρτήσεις για τον καθορισμό χρώματος, φωτεινότητας και εφέ, διευκολύνοντας την ανάπτυξη δημιουργικών εφαρμογών. Η χρήση τους απαιτεί ακριβή χρονοισμό, καθώς το πρωτόκολλο επικοινωνίας της WS2812B είναι ευαίσθητο σε καθυστερήσεις και παρεμβολές. [5]

Η ταινία WS2812B έχει ευρεία εφαρμογή σε διακοσμητικό φωτισμό, αρχιτεκτονικές εγκαταστάσεις, wearable τεχνολογία, gaming setups και εκπαιδευτικά projects. Η δυνατότητα δημιουργίας εξατομικευμένων εφέ φωτισμού την καθιστά ιδανική για καλλιτεχνικές και διαδραστικές εγκαταστάσεις. Επιπλέον, η συμβατότητα με 3D εκτυπωμένα περιβλήματα και η ευκολία ενσωμάτωσης σε PCB ενισχύουν τη χρηστικότητα της σε custom hardware σχεδιασμούς. [13]

Για την επιτυχή λειτουργία της ταινίας απαιτείται σταθερή τροφοδοσία ρεύματος, κατάλληλη διαχείριση θερμότητας και σωστή καλωδίωση. Σε μεγάλες εγκαταστάσεις, συνιστάται η έγχυση ισχύος σε διάφορα σημεία για την αποφυγή πτώσης τάσης και την εξασφάλιση ομοιόμορφης φωτεινότητας. Η χρήση πυκνωτών και αντιστάσεων βοηθά στη σταθεροποίηση του σήματος και στην αποφυγή ηλεκτρικών θορύβων.

Η WS2812B συνεχίζει να εξελίσσεται, με νέες παραλλαγές που προσφέρουν βελτιώσεις σε κατανάλωση ενέργειας, φωτεινότητα και αντοχή. Η ευκολία χρήσης, η ευελιξία και η δημιουργική ελευθερία που προσφέρει την καθιστούν βασικό εργαλείο για όσους ασχολούνται με τον προγραμματιζόμενο φωτισμό και την τεχνολογική καινοτομία. [15]

### 3.2 Μικροελεγκτής (π.χ. Arduino, ESP32).

Ο μικροελεγκτής είναι η «καρδιά» ενός ηλεκτρονικού συστήματος, υπεύθυνος για την εκτέλεση εντολών και τον έλεγχο περιφερειακών συσκευών. Πρόκειται για ένα ολοκληρωμένο κύκλωμα που περιλαμβάνει επεξεργαστή, μνήμη και εισόδους/εξόδους, επιτρέποντας την αλληλεπίδραση με τον φυσικό κόσμο μέσω αισθητήρων και ενεργοποιητών. Οι πιο δημοφιλείς μικροελεγκτές για εκπαιδευτικά και DIY έργα είναι οι Arduino και ESP32, λόγω της ευκολίας χρήσης και της μεγάλης κοινότητας υποστήριξης.

Το Arduino είναι μια πλατφόρμα ανοιχτού κώδικα που βασίζεται σε μικροελεγκτές όπως ο ATmega328P. Προσφέρει απλό προγραμματισμό μέσω της Arduino IDE και είναι ιδανικό για αρχάριους. Οι πλακέτες Arduino διαθέτουν ψηφιακές και αναλογικές ακίδες εισόδου/εξόδου, επιτρέποντας τη σύνδεση με LED, κουμπιά, αισθητήρες και κινητήρες. Η κοινότητα έχει αναπτύξει χιλιάδες βιβλιοθήκες και παραδείγματα, διευκολύνοντας την υλοποίηση έργων όπως αυτόματα φώτα, θερμομέτρα, συστήματα ποτίσματος και ρομποτικά οχήματα. [12]

Από την άλλη πλευρά, το ESP32 είναι ένας πιο ισχυρός μικροελεγκτής με διπύρηνο επεξεργαστή, ενσωματωμένο Wi-Fi και Bluetooth, και μεγαλύτερη μνήμη. Είναι κατάλληλος για πιο απαιτητικές εφαρμογές, όπως έργα IoT, ασύρματη επικοινωνία, επεξεργασία δεδομένων και έλεγχο πολλαπλών συσκευών. Υποστηρίζει προγραμματισμό μέσω Arduino IDE, MicroPython και ESP-IDF, προσφέροντας ευελιξία στους προγραμματιστές. Οι πλακέτες ESP32 διαθέτουν πολλές ακίδες GPIO, υποστήριξη για πρωτόκολλα SPI, I2C, UART, PWM και ADC, καθώς και δυνατότητα σύνδεσης με cloud υπηρεσίες. [11]

Η επιλογή μεταξύ Arduino και ESP32 εξαρτάται από τις ανάγκες του έργου. Για απλές εφαρμογές με βασική λογική, το Arduino είναι ιδανικό. Για έργα που απαιτούν ασύρματη συνδεσιμότητα, επεξεργασία δεδομένων ή πολλαπλές λειτουργίες, το ESP32 προσφέρει περισσότερες δυνατότητες. Και οι δύο πλατφόρμες είναι εξαιρετικές για εκπαιδευτικούς σκοπούς, πρωτότυπα και τεχνολογική εξερεύνηση, ενώ η συνεχής εξέλιξή τους τις καθιστά επίκαιρες και χρήσιμες σε επαγγελματικά περιβάλλοντα.[11]

### 3.3 Τροφοδοσία.

Η τροφοδοσία αποτελεί κρίσιμο στοιχείο σε κάθε ηλεκτρονικό ή αυτοματοποιημένο σύστημα, καθώς εξασφαλίζει την παροχή της απαραίτητης ηλεκτρικής ενέργειας για τη λειτουργία των κυκλωμάτων και των συσκευών. Στην περίπτωση μικροελεγκτών όπως το Arduino ή το ESP32, η σωστή τροφοδοσία είναι απαραίτητη για την αποφυγή αστάθειας, υπερθέρμανσης ή ακόμη και καταστροφής του υλικού. Οι περισσότερες πλακέτες Arduino λειτουργούν με τάση 5V ή 7-12V μέσω εξωτερικού μετασχηματιστή ή USB, ενώ το ESP32 απαιτεί σταθερή τάση 3.3V, γεγονός που καθιστά αναγκαία τη χρήση ρυθμιστών τάσης ή ειδικών modules. [3]

Η επιλογή της πηγής τροφοδοσίας εξαρτάται από τις απαιτήσεις του έργου. Για φορητές εφαρμογές, χρησιμοποιούνται μπαταρίες λιθίου (Li-ion ή Li-Po), οι οποίες προσφέρουν υψηλή ενεργειακή πυκνότητα και δυνατότητα επαναφόρτισης. Σε σταθερές εγκαταστάσεις, προτιμώνται τροφοδοτικά switching με σταθερή έξοδο, τα οποία προστατεύουν από υπερτάσεις και διακυμάνσεις. Η χρήση πυκνωτών κοντά στην είσοδο τροφοδοσίας βοηθά στη σταθεροποίηση της τάσης και στην απορρόφηση αιχμών ρεύματος, ειδικά όταν ενεργοποιούνται φορτία όπως μοτέρ ή LED strips.

Σε έργα με ταινίες LED WS2812B, η τροφοδοσία αποκτά ιδιαίτερη σημασία λόγω της υψηλής κατανάλωσης ρεύματος. Κάθε LED μπορεί να καταναλώνει έως 60mA σε πλήρη φωτεινότητα, γεγονός που σημαίνει ότι μια ταινία με 100 LEDs μπορεί να απαιτεί έως 6A. Σε τέτοιες περιπτώσεις, χρησιμοποιούνται ισχυρά τροφοδοτικά 5V με δυνατότητα παροχής μεγάλης έντασης ρεύματος, ενώ συνιστάται η έγχυση ισχύος σε πολλαπλά σημεία της ταινίας για την αποφυγή πτώσης τάσης. Επιπλέον, η χρήση αντιστάσεων στο σήμα δεδομένων και πυκνωτών στην είσοδο ισχύος συμβάλλει στην προστασία του συστήματος από ηλεκτρικούς θορύβους και παρεμβολές. [3]

Η τροφοδοσία δεν αφορά μόνο την παροχή ενέργειας αλλά και την ασφάλεια του συστήματος. Η χρήση προστατευτικών κυκλωμάτων όπως διόδους ανάστροφης πολικότητας, ασφαλειών και μετατροπέων DC-DC εξασφαλίζει την ομαλή λειτουργία και την προστασία των εξαρτημάτων. Σε έργα IoT, η διαχείριση ενέργειας αποκτά ακόμη μεγαλύτερη σημασία, καθώς απαιτείται βελτιστοποίηση της κατανάλωσης για μεγαλύτερη διάρκεια ζωής της μπαταρίας και σταθερή λειτουργία σε απομακρυσμένα περιβάλλοντα. [9]

Η σωστή τροφοδοσία είναι θεμέλιο για την επιτυχία κάθε ηλεκτρονικού έργου. Η κατανόηση των απαιτήσεων ισχύος, η επιλογή κατάλληλων εξαρτημάτων και η εφαρμογή καλών πρακτικών σχεδίασης εξασφαλίζουν αξιοπιστία, αποδοτικότητα και ασφάλεια.

### 3.4 Δομή/πλαίσιο ρολογιού.

Η δομή ή το πλαίσιο ενός ρολογιού αποτελεί το φυσικό και λειτουργικό υπόβαθρο πάνω στο οποίο στηρίζονται όλα τα επιμέρους εξαρτήματα του συστήματος μέτρησης χρόνου. Είτε πρόκειται για μηχανικό είτε για ηλεκτρονικό ρολόι, το πλαίσιο καθορίζει την αισθητική, την ανθεκτικότητα και τη λειτουργικότητα της κατασκευής. Στην περίπτωση ενός DIY ή custom project, η επιλογή του πλαισίου είναι καθοριστική για την επιτυχία του τελικού αποτελέσματος.

Το πλαίσιο μπορεί να είναι κατασκευασμένο από διάφορα υλικά, όπως ξύλο, μέταλλο, πλαστικό ή ακρυλικό (plexiglass), ανάλογα με το ύφος και τη χρήση του ρολογιού. Για παράδειγμα, ένα ξύλινο πλαίσιο προσδίδει φυσική και ρετρό αισθητική, ενώ ένα μεταλλικό προσφέρει μοντέρνα και βιομηχανική εμφάνιση. Το πάχος του υλικού είναι σημαντικό, καθώς επηρεάζει την επιλογή του μηχανισμού και το μήκος του άξονα που θα περάσει μέσα από το καντράν. Συνήθως απαιτείται μία τρύπα διαμέτρου περίπου 1cm στο κέντρο του πλαισίου για την τοποθέτηση του μηχανισμού και τη στερέωση των δεικτών.

Η δομή του ρολογιού περιλαμβάνει επίσης το καντράν, δηλαδή την επιφάνεια στην οποία εμφανίζονται οι ενδείξεις της ώρας. Το καντράν μπορεί να είναι διακοσμημένο με αριθμούς (λατινικούς ή αραβικούς), σύμβολα ή ακόμα και εικόνες, ανάλογα με το προσωπικό στυλ του δημιουργού. Σε ορισμένες περιπτώσεις, ο ίδιος ο τοίχος ή η επιφάνεια στήριξης μπορεί να λειτουργεί ως καντράν, με τον μηχανισμό να τοποθετείται απευθείας πάνω του.

Η επιλογή των δεικτών (ώρες, λεπτά, δευτερόλεπτα) πρέπει να είναι συμβατή με το μέγεθος του πλαισίου και το ύφος του ρολογιού. Οι δείκτες διατίθενται σε διάφορα μήκη, χρώματα και υλικά, όπως πλαστικό ή μέταλλο. Είναι σημαντικό να υπάρχει αντίθεση μεταξύ των δεικτών και του φόντου ώστε να είναι ευδιάκριτοι. Επιπλέον, μπορεί να προστεθούν διακοσμητικά στοιχεία όπως εκκρεμές, ήχος ή φωτισμός για πιο σύνθετες κατασκευές.

Η σταθερότητα του πλαισίου είναι απαραίτητη για την ομαλή λειτουργία του μηχανισμού. Σε χειροποίητα ρολόγια, η σωστή ευθυγράμμιση του άξονα και η στερέωση του μηχανισμού με βίδες ή κόλλα εξασφαλίζουν την ακρίβεια και την αντοχή του συστήματος. Αν το πλαίσιο είναι κυρτό ή ασύμμετρο, απαιτείται προσαρμογή των δεικτών ώστε να μην εμποδίζονται κατά την περιστροφή.

Η δημιουργία ενός ρολογιού από την αρχή είναι μια διαδικασία που συνδυάζει τεχνική γνώση και αισθητική δημιουργικότητα. Το πλαίσιο δεν είναι απλώς η βάση, αλλά και το στοιχείο που καθορίζει την ταυτότητα του ρολογιού.

### 3.5 RTC module (π.χ. DS3231).

Η μονάδα RTC (Real Time Clock), όπως η DS3231, είναι ένα εξειδικευμένο ολοκληρωμένο κύκλωμα που χρησιμοποιείται για την ακριβή μέτρηση και διατήρηση του χρόνου, ανεξάρτητα από την κατάσταση τροφοδοσίας του συστήματος. Η DS3231 ξεχωρίζει για την υψηλή ακρίβεια της, χάρη στον ενσωματωμένο θερμοκρασιακά αντισταθμισμένο ταλαντωτή (TCXO), που μειώνει τις αποκλίσεις λόγω μεταβολών θερμοκρασίας. Αυτό την καθιστά ιδανική για εφαρμογές όπου η ακρίβεια του χρόνου είναι κρίσιμη, όπως σε συστήματα καταγραφής δεδομένων, αυτοματισμούς, ρολόγια και έργα IoT.

Η DS3231 επικοινωνεί με τον μικροελεγκτή μέσω του πρωτοκόλλου I2C, χρησιμοποιώντας τις ακίδες SDA και SCL. Η τυπική διεύθυνση I2C είναι 0x68, και η σύνδεση με πλακέτες όπως Arduino ή ESP32 είναι απλή, απαιτώντας μόνο τέσσερα καλώδια: VCC, GND, SDA και SCL. Η μονάδα περιλαμβάνει επίσης θύρα για μπαταρία τύπου CR2032, η οποία επιτρέπει τη συνέχιση της λειτουργίας του ρολογιού ακόμη και όταν το κύριο σύστημα είναι απενεργοποιημένο. Η κατανάλωση ενέργειας είναι εξαιρετικά χαμηλή, επιτρέποντας στη μπαταρία να διατηρεί το χρόνο για αρκετά χρόνια.

Η DS3231 προσφέρει δυνατότητα ρύθμισης δύο ανεξάρτητων συναγερμών (alarms), καθώς και έξοδο τετραγωνικού παλμού (SQW) που μπορεί να χρησιμοποιηθεί για συγχρονισμό ή ως χρονικό σήμα. Επιπλέον, διαθέτει ενσωματωμένο αισθητήρα θερμοκρασίας, ο οποίος μπορεί να διαβαστεί από τον μικροελεγκτή και να χρησιμοποιηθεί για εφαρμογές παρακολούθησης περιβάλλοντος. Η μονάδα

περιλαμβάνει επίσης EEPROM (συνήθως AT24C32), η οποία μπορεί να χρησιμοποιηθεί για αποθήκευση ρυθμίσεων ή δεδομένων.

Η χρήση της DS3231 σε έργα Arduino γίνεται εύκολα μέσω βιβλιοθηκών όπως η RTCLib ή η uRTCLib, οι οποίες προσφέρουν συναρτήσεις για ανάγνωση και ρύθμιση της ώρας, ημερομηνίας, θερμοκρασίας και συναγεμίων. Η αρχικοποίηση της μονάδας γίνεται με απλές εντολές, και η ανάγνωση δεδομένων πραγματοποιείται με υψηλή ακρίβεια. Η μονάδα υποστηρίζει μορφές 12ωρης και 24ωρης απεικόνισης, καθώς και αυτόματη διόρθωση για μήνες με λιγότερες από 31 ημέρες και για δίσεκτα έτη.

Η DS3231 είναι ιδανική για έργα όπως ψηφιακά ρολόγια, συστήματα καταγραφής δεδομένων, χρονοπρογραμματιστές, συστήματα ελέγχου πρόσβασης και οποιαδήποτε εφαρμογή απαιτεί αξιόπιστη και ακριβή μέτρηση χρόνου. Η σταθερότητα, η ευκολία ενσωμάτωσης και η χαμηλή κατανάλωση την καθιστούν ένα από τα πιο δημοφιλή RTC modules στην κοινότητα των makers και των επαγγελματιών.

### 3.6 Αντιστάσεις, καλώδια, συγκολλητικό υλικό, button .

Η ενότητα αυτή αφορά τα βασικά υλικά και εξαρτήματα που χρησιμοποιούνται σε ηλεκτρονικές κατασκευές και συγκολλήσεις, όπως οι αντιστάσεις, τα καλώδια και το συγκολλητικό υλικό. Οι **αντιστάσεις** είναι παθητικά εξαρτήματα που περιορίζουν τη ροή του ηλεκτρικού ρεύματος σε ένα κύκλωμα. Διατίθενται σε διάφορες τιμές αντίστασης (Ohm), ισχύος (Watt) και ανοχές, και είναι απαραίτητες για τον έλεγχο τάσης, την προστασία εξαρτημάτων και τη δημιουργία χρονισμών. Οι πιο κοινές είναι οι τύπου carbon film και metal film, ενώ για μεγαλύτερα φορτία χρησιμοποιούνται κεραμικές ή συρμάτινες αντιστάσεις.

Τα **καλώδια** αποτελούν το μέσο μεταφοράς ηλεκτρικού ρεύματος και σήματος μεταξύ των εξαρτημάτων. Η επιλογή του κατάλληλου καλωδίου εξαρτάται από την ένταση του ρεύματος, την τάση λειτουργίας και το μήκος της διαδρομής. Για χαμηλής ισχύος κυκλώματα, χρησιμοποιούνται καλώδια χαλκού με διατομή 0.25–1 mm<sup>2</sup>, ενώ για τροφοδοσία LED ταινιών ή μοτέρ απαιτούνται μεγαλύτερες διατομές (π.χ. 2.5–4 mm<sup>2</sup>). Η αντίσταση των καλωδίων αυξάνεται με το μήκος και μειώνεται με τη διατομή, επηρεάζοντας την πτώση τάσης και την απόδοση του συστήματος.

Το **συγκολλητικό υλικό** περιλαμβάνει το σύρμα συγκόλλησης (συνήθως κράμα κασσίτερου-μολύβδου ή χωρίς μολύβδο), τη ροή (flux) και τον συγκολλητικό σίδηρο. Το σύρμα συγκόλλησης με πυρήνα ροής διευκολύνει την ένωση των μεταλλικών επιφανειών, ενώ η χρήση εξωτερικής ροής ενισχύει τη διαδικασία καθαρισμού και προσκόλλησης. Ο συγκολλητικός σίδηρος πρέπει να έχει ρυθμιζόμενη θερμοκρασία και λεπτή μύτη για ακρίβεια. Η σωστή τεχνική συγκόλλησης περιλαμβάνει την προετοιμασία των καλωδίων με απογύμνωση, επικασιτέρωση και χρήση θερμοσυστελλόμενων σωλήνων για μόνωση.

Η συγκόλληση είναι δεξιότητα που απαιτεί πρακτική και προσοχή. Η χρήση κατάλληλων εργαλείων, όπως απογυμνωτές καλωδίων, τρίτο χέρι (third hand), εξαερισμός και καθαρισμός της μύτης του σίδηρου, συμβάλλει στην ποιότητα και την ασφάλεια της εργασίας.

Τα **button (κουμπια)** είναι στοιχεία διεπαφής χρήστη ( USER INTERFACE), τα οποία δίνουν την ικανότητα στον χρήστη με ένα πάτημα του button να πραγματοποιηθούν διάφορες ενέργειες. Ο σχεδιασμός τους είναι σημαντικός για την χρήση τους αλλά και για την λειτουργικότητα τους .Θα πρέπει το σχήμα ,το χρώμα αλλά και η στρογγυλότητα των button να είναι ευδιάκριτα. Υπάρχουν μελέτες όπως Gleichauf, Ackner & Pfeffer (2025) που εξηγούν και περιγράφουν την χρηστικότητα των button.

## 4. Μεθοδολογία Κατασκευαστικού Μέρους.

### 4.1 Σχεδιασμός και προγραμματισμός.

#### 4.1.1 Επιλογή μικροελεγκτή και βιβλιοθηκών.

Η δημιουργία ενός αναλογικού ρολογιού νυκτός με χρήση διευθυνσιοδοτούμενης ταινίας LED WS2812B αποτελεί ένα ενδιαφέρον κατασκευαστικό έργο που συνδυάζει στοιχεία του ηλεκτρονικού σχεδιασμού, του προγραμματισμού και της λειτουργικής αισθητικής. Η μεθοδολογία του κατασκευαστικού μέρους περιλαμβάνει την επιλογή κατάλληλου μικροελεγκτή, τον σχεδιασμό του κυκλώματος, την ανάπτυξη του λογισμικού και την ενσωμάτωση βιβλιοθηκών που υποστηρίζουν την επικοινωνία και έλεγχο των LEDs, δημιουργώντας μια λειτουργική και ελκυστική διάταξη.

Αρχικά, για την υλοποίηση του έργου απαιτείται η επιλογή ενός μικροελεγκτή που προσφέρει επαρκή ισχύ επεξεργασίας, επαρκείς εξόδους PWM και δυνατότητα επικοινωνίας με εξωτερικά περιφερειακά. Ο μικροελεγκτής που επιλέχθηκε είναι ο ESP32, καθώς προσφέρει διπλό πυρήνα, ενσωματωμένο Wi-Fi και Bluetooth, πλούσιο αριθμό GPIO, καθώς και υποστήριξη για πρωτόκολλα επικοινωνίας SPI και I<sup>2</sup>C (Lopez et al., 2020). Επιπλέον, η βιβλιοθήκη FastLED θεωρείται ιδανική για τον έλεγχο της ταινίας LED WS2812B, καθώς υποστηρίζει χρωματική απεικόνιση, χρονισμό και προσαρμοστικότητα σε διάφορες πλατφόρμες (Knight, 2018). Εναλλακτικά, η βιβλιοθήκη Adafruit NeoPixel αποτελεί επίσης δημοφιλή επιλογή, ειδικά για αρχάριους χρήστες λόγω της ευκολίας στην υλοποίηση βασικών εφέ.

Ο σχεδιασμός του κυκλώματος περιλαμβάνει τη σύνδεση της ταινίας WS2812B με τον μικροελεγκτή μέσω μιας εξόδου δεδομένων, λαμβάνοντας υπόψη τις απαιτήσεις τάσης και ρεύματος. Η ταινία λειτουργεί στα 5V, ενώ ο ESP32 απαιτεί 3.3V για τις εισόδους του, επομένως η ενσωμάτωση ενός λογικού μετατροπέα επιπέδου (logic level shifter) είναι απαραίτητη για τη σωστή μεταφορά σημάτων (Banzi & Shiloh, 2014). Παράλληλα, χρειάζεται και εξωτερική τροφοδοσία ισχύος με σταθερό ρεύμα, δεδομένου ότι κάθε LED της WS2812B μπορεί να καταναλώσει έως και 60 mA σε πλήρη φωτεινότητα.

Ο σχεδιασμός του αναλογικού ρολογιού προτείνει την τοποθέτηση των LEDs σε κυκλική διάταξη, έτσι ώστε να αναπαρίσταται το καντράν του ρολογιού. Τα LEDs χωρίζονται σε τρεις ζώνες ένδειξης — ώρες, λεπτά και δευτερόλεπτα — και ανάλογα

με την ώρα της ημέρας, ενεργοποιούνται τα κατάλληλα LEDs με αντίστοιχο χρώμα. Για την απεικόνιση, χρησιμοποιείται αλγόριθμος μετατροπής της τρέχουσας ώρας σε θέση LED ( $\theta$ ) ως εξής:  $\theta = (X/60) \times 360$ , όπου  $X$  είναι η τρέχουσα τιμή του αντίστοιχου χρονικού δείκτη. Με αυτόν τον τρόπο, επιτυγχάνεται η γραφική απεικόνιση της ώρας με καλλιτεχνική διάσταση.

Η ανάπτυξη του λογισμικού πραγματοποιείται στην πλατφόρμα Arduino IDE, καθώς προσφέρει εκτενή υποστήριξη για ESP32, καθώς και εύχρηστο περιβάλλον ανάπτυξης και debugging (Hughes, 2019). Ο κώδικας χωρίζεται σε επιμέρους τμήματα: ρύθμιση των θυρών, αρχικοποίηση των βιβλιοθηκών FastLED και RTC (Real Time Clock), και λογική εμφάνισης του ρολογιού. Εάν ο ESP32 δε διαθέτει ενσωματωμένο RTC, προτείνεται η χρήση εξωτερικού κυκλώματος, όπως το DS3231, το οποίο προσφέρει ακρίβεια και υποστήριξη διακοπής ρεύματος μέσω εφεδρικής μπαταρίας.

Η βιβλιοθήκη FastLED προσφέρει πολλές δυνατότητες, όπως καθορισμό χρώματος RGB, δημιουργία εφέ μετάβασης, και διαχείριση χρονοκαθυστερήσεων για ομαλές κινήσεις. Ενσωματώνεται με τη βασική λογική του ρολογιού ώστε να υπάρχει δυναμική χρωματική απεικόνιση ανάλογα με την ώρα, αλλά και τη δυνατότητα προσθήκης ειδικών εφέ για τις νυχτερινές ώρες — για παράδειγμα, μειωμένη φωτεινότητα ή “αναπνευστικό” φως, προκειμένου να δημιουργείται μια πιο χαλαρωτική ατμόσφαιρα (Richardson, 2021).

Αξιοσημείωτη πρόκληση αποτελεί η διαχείριση της κατανάλωσης ισχύος, ιδιαίτερα όταν ενεργοποιούνται ταυτόχρονα πολλά LEDs. Για τον λόγο αυτό, προβλέπεται μηχανισμός περιορισμού φωτεινότητας καθώς και αποστολής δεδομένων σε παλμούς, ώστε να μειώνεται το φορτίο στον μικροελεγκτή. Η χρήση πυκνωτών στην είσοδο τροφοδοσίας (π.χ. 1000 $\mu$ F) προτείνεται για την εξομάλυνση αιχμών στο ρεύμα κατά την εκκίνηση. [13]

Επιπροσθέτως, η υλοποίηση διαδραστικών λειτουργιών, όπως η αλλαγή χρώματος μέσω κουμπιών ή μέσω εφαρμογής Bluetooth, προσδίδει ευελιξία και δυνατότητα προσωποποίησης από τον χρήστη. Το ESP32 με ενσωματωμένο Bluetooth επιτρέπει την επικοινωνία με κινητές συσκευές, προσφέροντας ένα διαισθητικό interface διαχείρισης μέσω εφαρμογής, η οποία μπορεί να αναπτυχθεί με χρήση του MIT App Inventor ή άλλων παρόμοιων εργαλείων. [10]

Από άποψη εφαρμογής και αισθητικής, το τελικό σύστημα ενσωματώνεται σε κατάλληλο περίβλημα, το οποίο μπορεί να κατασκευαστεί με 3D εκτύπωση ή CNC κοπή, με διαφανές κάλυμμα ώστε να αναδεικνύεται η φωτεινή απεικόνιση του ρολογιού. Η επιλογή θερμού ή ψυχρού λευκού, καθώς και χρωματικού κύκλου, μπορεί να γίνει με αισθητικό γνώμονα ή σύμφωνα με τις αρχές της χρωματοθεραπείας, για την ενίσχυση της ευεξίας τις νυχτερινές ώρες (Zhu et al., 2022). [7]

Συνολικά, η κατασκευή ενός αναλογικού ρολογιού νυκτός με χρήση WS2812B LEDs αποτελεί έργο υψηλής τεχνικής και αισθητικής αξίας, με πλούσιο πεδίο για εξερεύνηση τεχνολογιών, προγραμματισμού και σχεδιαστικής ευφυΐας. Μέσω της κατάλληλης επιλογής υλικών και λογισμικού, ο δημιουργός μπορεί να διαμορφώσει ένα πλήρως λειτουργικό και εντυπωσιακό σύστημα με πρακτικές και καλλιτεχνικές ιδιότητες. [6]

#### 4.1.2 Ανάπτυξη κώδικα για απεικόνιση ώρας με LED.

Η απεικόνιση της ώρας μέσω διευθυνσιοδοτούμενων LEDs, όπως τα WS2812B, μπορεί να πραγματοποιηθεί με έναν μικροελεγκτή όπως ο ESP32 και κατάλληλο λογισμικό. Παρακάτω παρουσιάζεται ένα παράδειγμα βασικού κώδικα που χρησιμοποιεί τη βιβλιοθήκη **FastLED** για να απεικονίσει ώρες, λεπτά και δευτερόλεπτα σε μία κυκλική διάταξη LED.

Κώδικας.

```
#include <FastLED.h>

#include <Wire.h>

#include <RTClib.h> // Για αυτο DS3231 RTC

#define NUM_LEDS 60 // Πλήθος LEDs
(για ρολόι λεπτών/δευτερολέπτων)

#define DATA_PIN 5 // PIN δεδομένων προς την ταινία

#define BRIGHTNESS 50 // Φωτεινότητα
```

```

#define CLOCKWISE true    // για αντιστοίχιση της φοράς

CRGB leds[NUM_LEDS];

RTC_DS3231 rtc;

void setup() {

    FastLED.addLeds<WS2812B,    DATA_PIN,    GRB>(leds,
NUM_LEDS);

    FastLED.setBrightness(BRIGHTNESS);

    Wire.begin();

    rtc.begin();

    if (rtc.lostPower()) {

        rtc.adjust(DateTime(F(__DATE__),    F(__TIME__)));    //
        Ρύθμιση στην ώρα μεταγλώττισης

    }

}

void loop() {

    DateTime now = rtc.now();

    int secondPos = (now.second() * NUM_LEDS) / 60;

    int minutePos = (now.minute() * NUM_LEDS) / 60;

    int hourPos  = ((now.hour() % 12) * NUM_LEDS) / 12;

```

```

// Καθαρισμός LED

fill_solid(leds, NUM_LEDS, CRGB::Black);

// Απεικόνιση ώρας με διαφορετικά χρώματα

leds[secondPos] = CRGB::Green; // Δευτερόλεπτα - πράσινο

leds[minutePos] = CRGB::Blue; // Λεπτά - μπλε

leds[hourPos] = CRGB::Red; // Ώρες - κόκκινο

FastLED.show();

delay(1000); // Ανανεώνει ανά δευτερόλεπτο

}

```

## 4.2 Χρήση RTC για ακριβή ώρα.

Η χρήση RTC (Real Time Clock) κυκλωμάτων, όπως το **DS3231**, είναι ζωτικής σημασίας για έργα που απαιτούν ακριβή χρονομέτρηση ανεξάρτητα από την τροφοδοσία του μικροελεγκτή. Σε αντίθεση με τη χρήση λογισμικού για τον υπολογισμό της ώρας, το RTC διατηρεί την ώρα με εξαιρετική ακρίβεια (σφάλμα ~2ppm) και παρέχει **εφεδρική λειτουργία** μέσω μπαταρίας τύπου CR2032, ακόμα και όταν η συσκευή είναι απενεργοποιημένη. [1]

### Πλεονεκτήματα Χρήσης RTC:

- Ακρίβεια χρονομέτρησης έως  $\pm 1$  λεπτό τον χρόνο (DS3231).
- Αυτόνομη λειτουργία χωρίς εξάρτηση από το uptime του μικροελεγκτή.

- Δυνατότητα υποστήριξης διακοπών (interrupts) για ακριβή γεγονότα (π.χ. alarm functions).
- Απλή επικοινωνία μέσω πρωτοκόλλου **PC**, μειώνοντας την πολυπλοκότητα συνδεσμολογίας.

### Υλοποίηση με ESP32 και DS3231:

Συνδέσεις:

- SDA του RTC → GPIO 21 του ESP32
- SCL του RTC → GPIO 22 του ESP32
- VCC → 3.3V ή 5V (ανάλογα με το μοντέλο)
- GND → GND

Στο λογισμικό:

- Η βιβλιοθήκη **RTClib** της Adafruit προσφέρει εύκολη πρόσβαση στις λειτουργίες του DS3231.
- Μέσω της `rtc.now()` λαμβάνεται ένα αντικείμενο `DateTime`, από το οποίο εξάγονται ώρα, λεπτά και δευτερόλεπτα.

Παράδειγμα λειτουργίας:

```
DateTime now = rtc.now();
```

```
int hour = now.hour();
```

```
int minute = now.minute();
```

```
int second = now.second();
```

Αυτές οι τιμές μπορούν να μετατραπούν σε γωνίες για την απεικόνιση της ώρας με LED, όπως σε ένα αναλογικό ρολόι. Για παράδειγμα, τα δευτερόλεπτα σε κυκλική διάταξη 60 LEDs γίνονται:

```
int secondPos = (second * NUM_LEDS) / 60;
```

### Σημαντικές Παρατηρήσεις:

- Αν ο ESP32 κάνει reboot χωρίς RTC, χάνει την ώρα.
- Αν δεν γίνει αρχικοποίηση με `rtc.adjust()`, οι τιμές μπορεί να είναι λανθασμένες.
- Η μπαταρία του RTC εξασφαλίζει συνεχή λειτουργία, αλλά πρέπει να ελέγχεται περιοδικά.

### 4.3 Κατασκευή πλαισίου ρολογιού.

#### Σχεδίαση κυκλικής βάσης (π.χ. με laser cut ή 3D εκτύπωση).

Η κατασκευή του πλαισίου του αναλογικού ρολογιού νυκτός με βάση την κυκλική διάταξη WS2812B LED απαιτεί ακρίβεια, σταθερότητα και αισθητική προσαρμογή. Το στάδιο 4.2 επικεντρώνεται στον φυσικό σχεδιασμό και στην υλοποίηση της βάσης, η οποία πρέπει να εξυπηρετεί τόσο λειτουργικές όσο και οπτικές απαιτήσεις.

Η σχεδίαση κυκλικής βάσης αποτελεί κομβικό βήμα, καθώς καθορίζει την κατανομή των LEDs σε μορφή καντράν και επηρεάζει την συνολική εικόνα του ρολογιού. Για την υλοποίηση μπορούν να επιλεγούν δύο βασικές μέθοδοι: **laser cutting** ή **3D εκτύπωση**, ανάλογα με τη διαθεσιμότητα εξοπλισμού και τον επιθυμητό σχεδιαστικό χαρακτήρα. [4]

#### **Laser Cut .**

Η χρήση laser cutting προσφέρει καθαρή και ακριβή κοπή σε επίπεδα υλικά όπως ακρυλικό, MDF ή ξύλο. Ο σχεδιασμός γίνεται μέσω λογισμικών όπως Inkscape ή Adobe Illustrator, εξάγοντας αρχεία SVG ή DXF. Η κυκλική βάση μπορεί να κοπεί με εσωτερικά σημεία στήριξης για τα LEDs, καθώς και με υποδοχές για τον μικροελεγκτή και το RTC. Το ακρυλικό προσφέρει διαφάνεια και αντοχή, καθιστώντας ιδανικό υλικό για νυχτερινή φωτεινή απεικόνιση.

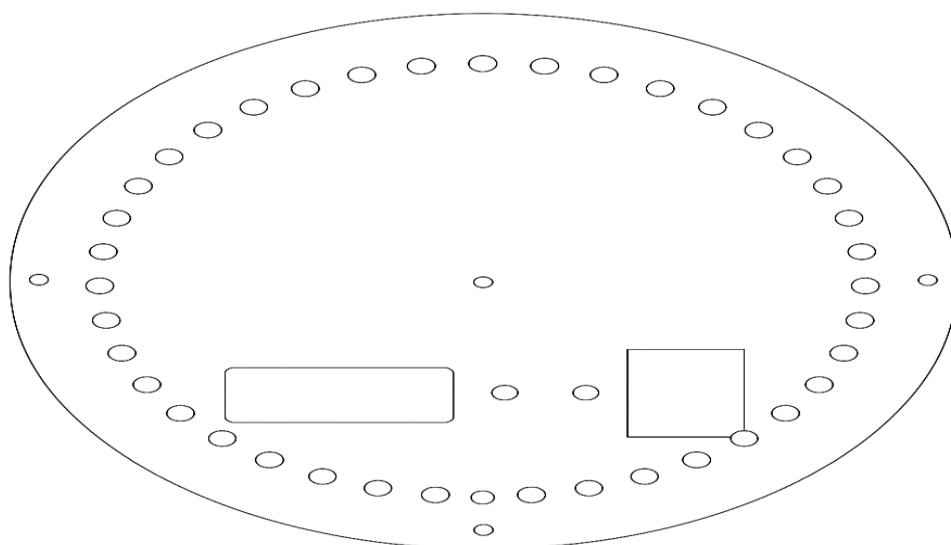
#### **3D Εκτύπωση.**

Η επιλογή της τρισδιάστατης εκτύπωσης παρέχει μεγαλύτερη σχεδιαστική ελευθερία, επιτρέποντας την κατασκευή βάσης με ανάγλυφα σημεία, ενσωματωμένες θήκες ή ακόμη και καμπύλες επιφάνειες για πιο μοντέρνα αισθητική. Ο σχεδιασμός πραγματοποιείται με λογισμικά όπως Fusion 360, TinkerCAD ή SolidWorks, εξάγοντας STL αρχεία για εκτύπωση σε PLA ή PETG. Η κυκλική διάταξη των LEDs μπορεί να διαμορφωθεί σε δακτυλιοειδές κανάλι ώστε να προστατεύονται και να διαχέεται σωστά το φως. [7]

Ανεξαρτήτως μεθόδου, απαιτείται ακριβής υπολογισμός της ακτίνας της βάσης και της γωνιακής απόστασης των LEDs ώστε να επιτευχθεί αναλογική απεικόνιση της ώρας. Για 60 LEDs, η κάθε μονάδα τοποθετείται κάθε 6° σε κυκλικό κάλυμμα 360°,

και η διάμετρος προσαρμόζεται αναλόγως των αναγκών του χρήστη και της ορατότητας στο σκοτάδι.[8]

Η προσθήκη διαφανών ή ημιδιαφανών καλυμμάτων (diffusers) ενισχύει την ομοιομορφία της φωτεινότητας, ενώ η ένταξη στηρίξεων για τοποθέτηση σε τοίχο ή επιφάνεια αυξάνει την πρακτικότητα. Μπορεί επίσης να προβλεφθεί χώρος για θύρες USB ή για κουμπιά ελέγχου στην περιφέρεια της βάσης.[3]



Εικόνα 3.1: Σχεδίαση κυκλικής βάσης.

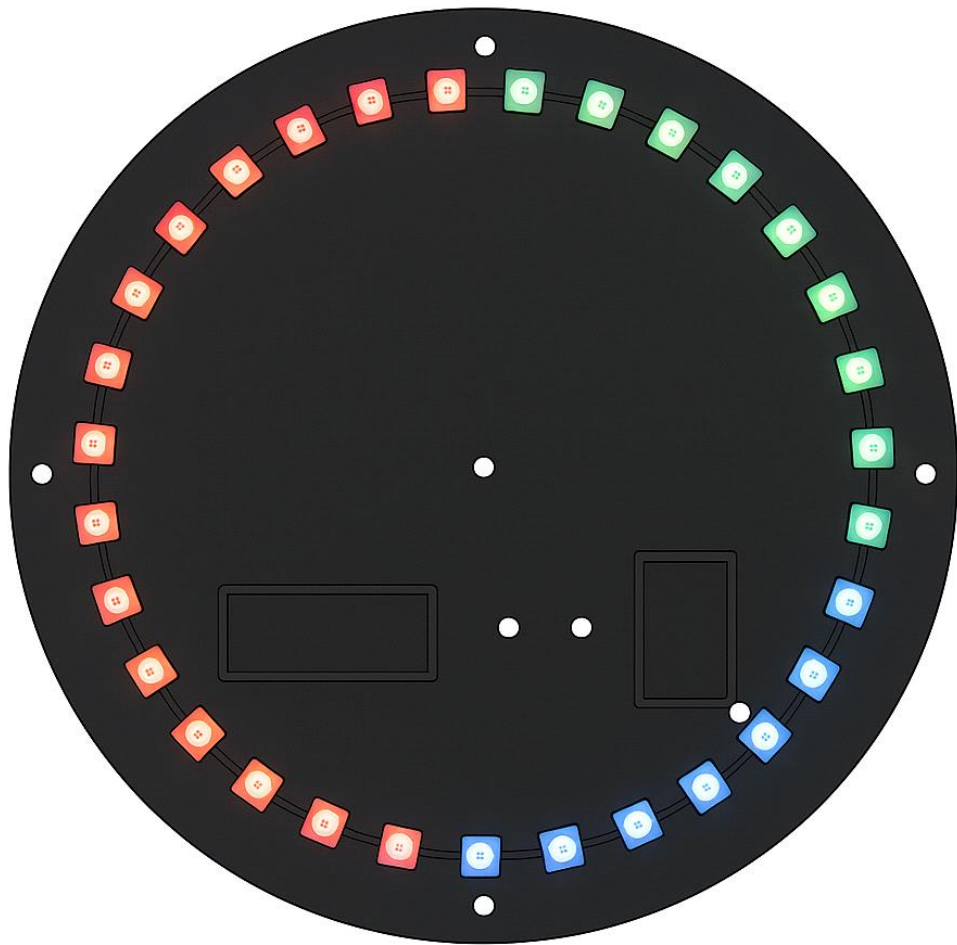
## Τοποθέτηση ταινίας LED σε κυκλική διάταξη.

Η κυκλική τοποθέτηση της ταινίας LED WS2812B αποτελεί κρίσιμο στάδιο για την απεικόνιση αναλογικής ώρας μέσω φωτεινών ενδείξεων. Η διαδικασία απαιτεί ακρίβεια, σταθερότητα και σωστή γεωμετρία ώστε το τελικό αποτέλεσμα να είναι τόσο λειτουργικό όσο και αισθητικά ευχάριστο.

### **Βασικά Στάδια Τοποθέτησης Ταινίας LED σε Κύκλο:**

- **Υπολογισμός Διαμέτρου και Γωνιακής Απόστασης.**
- Για 60 LEDs: κάθε LED τοποθετείται ανά  $6^\circ$  ( $360^\circ / 60$ ).

- Συνιστάται διάμετρος 140–160 mm για καλή ευκρίνεια.
- Χρησιμοποίησε κυκλικό οδηγό ή περίγραμμα CAD για την ακριβή τοποθέτηση.
- **Μηχανική Στήριξη.**
- Σε 3D εκτυπωμένη βάση: σχεδίασε αυλάκια ή θέσεις κουμπώματος.
- Σε laser-cut βάση: άνοιξε τρύπες ή εσοχές για ακριβές πάτημα της ταινίας.
- Η ταινία μπορεί να στερεωθεί με θερμοκόλλα, μικρές βίδες ή διπλής όψης ταινία ανάλογα με το υλικό της βάσης.
- **Κατεύθυνση Δεδομένων.**
- Η WS2812B έχει συγκεκριμένη φορά (DIN → DOUT). Ξεκίνα από το LED “στις 12 η ώρα” και προχώρησε κυκλικά (π.χ. δεξιόστροφα).
- Στη γωνιακή αντιστοίχιση με την ώρα, το LED στη θέση 0° αντιστοιχεί στις 12, και συνεχίζει αναλογικά μέχρι τις 11 (330°).
- **Προστασία και Ομοιομορφία Φωτισμού.**
- Πρόσθεσε ημιδιαφανές diffuser για ομοιόμορφη κατανομή φωτεινότητας.
- Η βάση μπορεί να περιλαμβάνει προστατευτικό χείλος ή περίβλημα για την ταινία ώστε να μην εκτίθεται σε σκόνη ή υγρασία.
- **Διαχείριση Καλωδίωσης.**
- Φρόντισε η αρχή και το τέλος της ταινίας να οδηγούνται σε κατάλληλη θέση για σύνδεση με τον μικροελεγκτή και τροφοδοσία.
- Συνιστάται η χρήση λεπτών καλωδίων τύπου AWG22–24 για καθαρό αποτέλεσμα.



Εικόνα 3.2 Mockup θέσης LED σε κυκλική διάταξη.

### Σήμανση θέσεων για ώρες, λεπτά, δευτερόλεπτα.

Για την αναπαράσταση της ώρας, των λεπτών και των δευτερολέπτων με LEDs σε κυκλική διάταξη, η σήμανση θέσεων πρέπει να γίνει με ακρίβεια ώστε κάθε χρονική μονάδα να αντιστοιχεί σε συγκεκριμένο LED με αναγνωρίσιμο χρώμα ή εφέ. Ακολουθεί ενδεικτική λογική σήμανσης:

## Ωρες

- Τοποθετούνται κάθε 30° σε κύκλο 360°: 12 συνολικά θέσεις
- Αν χρησιμοποιείς 60 LEDs, η κάθε ώρα αντιστοιχεί σε LED ανά 5 θέσεις (π.χ. ώρα 3 → LED 15)
- Προτείνεται χρώμα **κόκκινο** ή πορτοκαλί για εύκολη αναγνώριση
- Μπορεί να αποδοθεί εντονότερο φως ή μεγαλύτερη διάρκεια ενεργοποίησης

## Λεπτά

- 60 θέσεις, άρα κάθε λεπτό σε αντίστοιχο LED
- Προτείνεται χρώμα **μπλε** ή λευκό για λεπτά, για ευκρίνεια
- Η θέση του λεπτού LED είναι ίδια με αυτή των δευτερολέπτων αλλά με διαφορετικό χρώμα (π.χ. LED 42 → 42 λεπτά).

## Δευτερόλεπτα

- Εμφανίζονται στιγμιαία και αλλάζουν κάθε δευτερόλεπτο
- Προτείνεται **πράσινο** ή κυμαινόμενο χρώμα (με fade effect)
- Για εφέ τύπου “ανάσα” ή “κυματισμός”, μπορεί να χρησιμοποιηθεί αποχρώσεις με βάση την ώρα.

## Σύνοψη Γεωμετρίας και Σηματοδότησης.

Χρονική Μονάδα	Σύνολο Θέσεων	Απόσταση ανά LED	LED Θέση για τιμή	Χρώμα
Ωρες	12	5 LED	LED = ώρα × 5	Κόκκινο
Λεπτά	60	1 LED	LED = λεπτά	Μπλε
Δευτερόλεπτα	60	1 LED	LED = δευτερόλεπτα	Πρασινό

Για την ενεργή χρονική μονάδα με fade in/fade out, χρησιμοποιήθηκε FastLED.fadeToBlackBy() στον αντίστοιχο LED, ώστε να εστιάζει το μάτι χωρίς visual clutter.

## 4.4 Ηλεκτρονική σύνδεση.

### Σύνδεση ταινίας LED με μικροελεγκτή.

Η ηλεκτρονική σύνδεση της ταινίας LED τύπου WS2812B με μικροελεγκτή όπως ο ESP32 ή το Arduino πραγματοποιείται με προσοχή για την εξασφάλιση σωστής λειτουργίας και σταθερότητας στο κύκλωμα.

Η ταινία LED περιλαμβάνει τρεις επαφές: VCC για την τροφοδοσία στα 5V, GND ως κοινή γείωση και DIN για την είσοδο δεδομένων. Επειδή ο ESP32 εκπέμπει δεδομένα στα 3.3V ενώ η ταινία απαιτεί σήμα 5V, εφαρμόζεται μετατροπέας επιπέδου λογικής τάσης ώστε το σήμα να μετατραπεί κατάλληλα και να αποφευχθούν σφάλματα ή αστάθειες.

Η σύνδεση του συστήματος γίνεται ως εξής: η τροφοδοσία VCC της ταινίας προέρχεται από εξωτερικό τροφοδοτικό 5V και όχι από την USB του μικροελεγκτή. Η γείωση GND συνδέεται τόσο με το μικροελεγκτή όσο και με το τροφοδοτικό, δημιουργώντας κοινό σημείο αναφοράς. Το σήμα DIN διοχετεύεται σε κατάλληλο pin του μικροελεγκτή μέσω του level shifter.[11]

Για την ομαλή λειτουργία της ταινίας LED, χρησιμοποιείται τροφοδοτικό ανάλογης ισχύος. Σε σύστημα 60 LEDs προβλέπεται κατανάλωση έως 3.6A, επομένως επιλέγεται τροφοδοτικό 5V/5A. Τοποθετείται πυκνωτής χωρητικότητας 1000μF κοντά στην είσοδο της ταινίας, για σταθεροποίηση της τάσης.

Προβλέπεται η χρήση αντιστάτη περίπου 330Ω στην είσοδο DIN, ώστε να μειωθεί το ringing στο σήμα δεδομένων. Εφαρμόζεται επίσης πυκνωτής 1000μF ανάμεσα στα 5V και το GND για μείωση αιχμών κατά την εκκίνηση. Εναλλακτικά, χρησιμοποιείται Zener diode για προστασία σήματος.

Ο έλεγχος της ταινίας διενεργείται μέσω κατάλληλου λογισμικού όπως FastLED ή NeoPixel.

Η δήλωση της ταινίας στον κώδικα γίνεται με τον καθιερωμένο τρόπο:

```
FastLED.addLeds<WS2812B, DATA_PIN, GRB>(leds, NUM_LEDS);
```

Για την αξιοπιστία της εφαρμογής, διασφαλίζεται ότι η είσοδος DIN αποτελεί την αρχή της ταινίας και δεν χρησιμοποιείται ως έξοδος DOUT. Η διαδρομή δεδομένων εξετάζεται προσεκτικά ώστε να είναι συνεπής με τη φυσική τοποθέτηση των LEDs.[12]

Ορίστε ένα οδηγητικό φύλλο συνδεσμολογίας για σύνδεση ταινίας LED WS2812B με ESP32, διατυπωμένο με σαφήνεια και τεχνική ακρίβεια:

## Οδηγητικό Φύλλο Συνδεσμολογίας: WS2812B με ESP32

### Υλικά

Εξάρτημα	Περιγραφή
ESP32	Μικροελεγκτής
Ταινία LED WS2812B	Ψηφιακή ταινία με RGB LEDs
Τροφοδοτικό 5V/5A	Εξωτερική τροφοδοσία για τα LEDs
Logic Level Shifter	Μετατροπέας επιπέδου τάσης (3.3V→5V)
Αντίσταση 330Ω	Για προστασία του σήματος δεδομένων
Πυκνωτής 1000μF/6.3V	Για σταθεροποίηση τάσης
Καλώδια jumper	Για συνδέσεις
Breadboard (προαιρετικό)	Για εύκολη διάταξη συνδέσεων

### Συνδεσμολογία

WS2812B LED	Συνδεθεί με	Σημείωση
VCC (+5V)	+5V από τροφοδοτικό	Όχι από USB του ESP32
GND	GND ESP32 & τροφοδοσίας	Κοινή γείωση
DIN (Data Input)	GPIO (π.χ. GPIO5 ESP32)	Μέσω Logic Level Shifter και αντίστασης 330Ω

- Ο πυκνωτής 1000μF συνδέεται μεταξύ +5V και GND **κοντά στην ταινία**.
- Η αντίσταση 330Ω τοποθετείται **σε σειρά στο σήμα DIN** πριν την είσοδο στην ταινία.
- Το Logic Level Shifter χρησιμοποιείται για να ανεβάσει το σήμα από 3.3V σε 5V.

## 4.5 Κώδικας Ελέγχου (Arduino IDE)

```
#include <FastLED.h>

#define DATA_PIN 5
#define NUM_LEDS 60

CRGB leds[NUM_LEDS];

void setup() {
  FastLED.addLeds<WS2812B, DATA_PIN, GRB>(leds, NUM_LEDS);
}

void loop() {
  for(int i = 0; i < NUM_LEDS; i++) {
    leds[i] = CRGB::Red;
  }
  FastLED.show();
  delay(1000);
}
```

## Συμβουλές

- Η ταινία αρχίζει πάντα από την είσοδο **DIN**, όχι από την έξοδο **DOUT**.
- Αν η ταινία είναι μεγάλη (>2m), μπορεί να απαιτηθεί τροφοδοσία σε περισσότερα σημεία.
- Προτείνεται να δοκιμάζεται πρώτα με λίγα LEDs για έλεγχο.

## Σύνδεση RTC module.

Η σύνδεση ενός RTC (Real-Time Clock) module — όπως το δημοφιλές **DS3231** — με μικροελεγκτή (π.χ. Arduino ή ESP32) επιτρέπει την παρακολούθηση ακριβούς χρόνου, ακόμα και όταν η συσκευή απενεργοποιείται ή επανεκκινείται. Παρακάτω σου παρουσιάζω ένα ολοκληρωμένο οδηγητικό φύλλο για τη συνδεσμολογία και χρήση του DS3231:

# Οδηγητικό Φύλλο Συνδεσμολογίας: RTC DS3231 με ESP32 ή Arduino

## Απαραίτητα Υλικά

Εξάρτημα	Περιγραφή
RTC DS3231	Μονάδα ρολογιού με θερμοκρασιακή αντιστάθμιση
ESP32 / Arduino	Μικροελεγκτής
Καλώδια jumper	Συνδέσεις I <sup>2</sup> C
Μπαταρία CR2032	Για συνεχή λειτουργία του ρολογιού
Breadboard (προαιρετικά)	Για ευκολία στη διάταξη συνδέσεων

## Συνδεσμολογία (Πρωτόκολλο I<sup>2</sup>C).

Ο RTC DS3231 λειτουργεί με **πρωτόκολλο I<sup>2</sup>C**, άρα χρειάζονται οι επαφές SDA & SCL.

DS3231 PIN	Arduino UNO	ESP32 (τυπικά)	Περιγραφή
VCC	5V	3.3V ή 5V*	Τροφοδοσία
GND	GND	GND	Γείωση
SDA	A4	GPIO21	Δεδομένα
SCL	A5	GPIO22	Ρολόι (clock)

\*Το DS3231 είναι συμβατό και με 3.3V και με 5V, αλλά βέλτιστα τροφοδοτείται με 5V για μέγιστη σταθερότητα.

## Κώδικας για Έλεγχο RTC (Arduino IDE).

```
#include <Wire.h>
#include <RTClib.h>

RTC_DS3231 rtc;

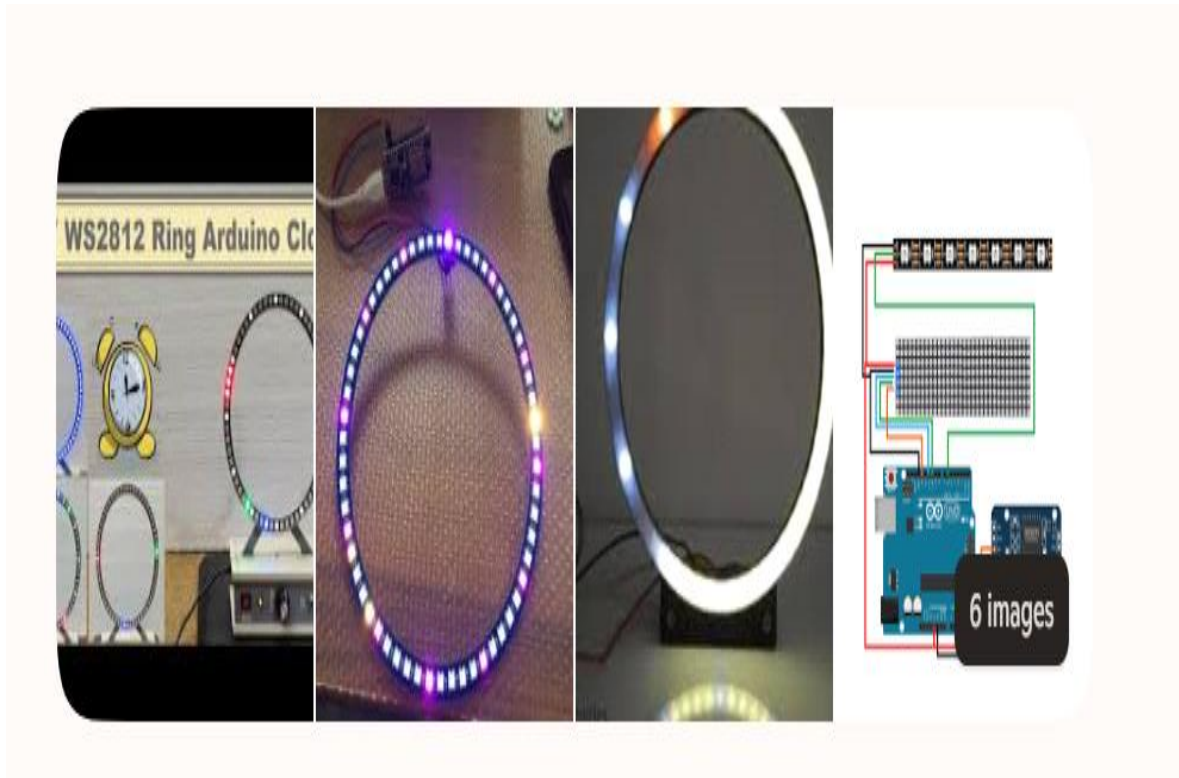
void setup() {
  Wire.begin();
  rtc.begin();

  if (rtc.lostPower()) {
    rtc.adjust(DateTime(F(__DATE__), F(__TIME__)));
  }
}

void loop() {
  DateTime now = rtc.now();
  Serial.print("Ωρα: ");
  Serial.print(now.hour());
  Serial.print(":");
  Serial.print(now.minute());
  Serial.print(":");
  Serial.println(now.second());
  delay(1000);
}
```

## Συμβουλές

- Τοποθετείται μπαταρία **CR2032** στο DS3231 ώστε να διατηρεί την ώρα όταν δεν τροφοδοτείται.
- Η βιβλιοθήκη **RTClib** από την Adafruit είναι ιδιαίτερα αξιόπιστη για έλεγχο του module.
- Αν χρησιμοποιείται ESP32 και προκύψουν σφάλματα I<sup>2</sup>C, επιβεβαιώνεται ότι οι GPIO21 και GPIO22 δεν χρησιμοποιούνται αλλού.



Εικόνα 3.3 Αναλογικά ρολόγια νυκτός που χρησιμοποιούν διευθυνσιοδοτούμενη ταινία LED WS2812B.

## Τροφοδοσία κυκλώματος.

Για ένα κύκλωμα με ταινία διευθυνσιοδοτούμενων LEDs WS2812B, όπως ανέφερες προηγουμένως, η τροφοδοσία παίζει κρίσιμο ρόλο για την ομαλή λειτουργία, την αποφυγή διακοπής ρεύματος και την ασφάλεια των εξαρτημάτων. Ακολουθεί πλήρης ανάλυση:[1]

## Τροφοδοσία Κυκλώματος WS2812B.

### Επιλογή Τάσης και Ρεύματος.

- Οι WS2812B απαιτούν **τάση 5V** και καταναλώνουν έως **60mA ανά LED** στη μέγιστη φωτεινότητα RGB (λευκό).
- Αν υπάρχουν **π.χ. 85 LEDs**, τότε η μέγιστη κατανάλωση είναι:  
 $85 \times 60\text{mA} = 5.1\text{A}$
- Συνιστάται **τροφοδοτικό 5V/6A ή παραπάνω** για ασφάλεια και περιθώριο λειτουργίας.

## Σταθεροποίηση Τάσης

- Τοποθετείται **πυκνωτής 1000μF–2200μF / 6.3V ή 10V** μεταξύ VCC και GND **κοντά στην ταινία LED**, ώστε να μειωθούν οι αιχμές και οι μεταβολές στην τάση.
- Προστίθεται **αντίσταση ~330Ω** σε σειρά με το σήμα DIN στην είσοδο της ταινίας, για να περιοριστεί το ringing.

## Εναλλακτικές Τροφοδοσίες

Μέθοδος Τροφοδοσίας	Πλεονεκτήματα	Προσοχή
Εξωτερικό τροφοδοτικό 5V	Σταθερό, επαρκές ρεύμα για LEDs	Να μην τροφοδοτούνται LEDs από USB
USB Power Bank (5V/3A+)	Φορητή λύση για μικρό αριθμό LEDs	Όχι πάνω από ~50 LEDs
Τροφοδοτικό πάγκου (ρυθμιζόμενο)	Ιδανικό για πειραματισμό	Να ρυθμιστεί επακριβώς στα 5.0V

## Γείωση και Κοινό Σύστημα.

- Η γείωση του τροφοδοτικού πρέπει να συνδέεται με τη γείωση του μικροελεγκτή (GND) ώστε να υπάρχει κοινό ηλεκτρικό δυναμικό.
- Αν αυτό παραλειφθεί, το σήμα δεδομένων μπορεί να απορριφθεί ή να οδηγήσει σε αστάθεια.[9]

## Τοποθέτηση Τροφοδοσίας στην Ταινία.

- Η τροφοδοσία συνδέεται **στην αρχή της ταινίας**, κοντά στην DIN είσοδο.
- Αν η ταινία είναι πολύ μεγάλη (>2 μέτρα), η τροφοδοσία μπορεί να **επαναεισαχθεί και ενδιάμεσα ή στο τέλος** για αποφυγή πτώσης τάσης.

## Προγραμματισμός LED.

Η ανάπτυξη προγράμματος για τον έλεγχο διευθυνσιοδοτούμενης ταινίας LED τύπου WS2812B σε κυκλική διάταξη για ρολόι νυκτός απαιτεί συστηματική προσέγγιση σε επίπεδο αρχιτεκτονικής, χρονομέτρησης και οπτικής απεικόνισης. Το σύστημα βασίζεται σε μικροελεγκτή ESP32 (ή Arduino), βιβλιοθήκες όπως FastLED, και στη χρήση RTC (π.χ. DS3231) για ακριβή χρονομέτρηση. Παρακάτω παρουσιάζεται αναλυτικά ο προγραμματισμός, διαρθρωμένος σε τρεις ενότητες ώστε να καλυφθούν όλες οι απαραίτητες λειτουργίες.

## 1. Αρχικοποίηση συστήματος και ορισμός παραμέτρων.

Ο προγραμματισμός ξεκινά με την αρχικοποίηση των βιβλιοθηκών FastLED και RTClib, καθώς και τον καθορισμό των παραμέτρων της ταινίας LED.

```
#include <FastLED.h>
```

```
#include <Wire.h>
```

```
#include <RTClib.h>
```

```
#define NUM_LEDS 60 // Συνολικός αριθμός LEDs
```

```
#define DATA_PIN 5 // PIN δεδομένων στον μικροελεγκτή
```

```
#define BRIGHTNESS 60 // Φωτεινότητα (0–255)
```

```
#define COLOR_ORDER GRB // Σειρά χρωμάτων
```

```
CRGB leds[NUM_LEDS];
```

```
RTC_DS3231 rtc;
```

```

void setup() {

    FastLED.addLeds<WS2812B, DATA_PIN, COLOR_ORDER>(leds,
NUM_LEDS);

    FastLED.setBrightness(BRIGHTNESS);

    Wire.begin();

    rtc.begin();

    if (rtc.lostPower()) {

        rtc.adjust(DateTime(F(__DATE__), F(__TIME__)));

    }

}

```

Ο πίνακας leds αντιπροσωπεύει τα LEDs της ταινίας. Ορίζεται η φωτεινότητα και η σειρά χρωμάτων RGB, ενώ η βιβλιοθήκη RTClib επιτρέπει την ανάκτηση της πραγματικής ώρας μέσω του DS3231. Αν το RTC έχει χάσει την ισχύ του, γίνεται επαναφορά στην ώρα μεταγλώττισης.

## 2. Λογική απεικόνισης ώρας.

Η απεικόνιση πραγματοποιείται με τη μετατροπή της ώρας σε θέσεις LED, έτσι ώστε το κάθε LED να αντιστοιχεί σε δευτερόλεπτα, λεπτά και ώρες σε κυκλική διάταξη. Αν θεωρηθεί ότι το καντράν ξεκινά στις 12 η ώρα, η θέση υπολογίζεται ως:

- $LED \text{ ώρας} = (\text{hour} \% 12) \times 5$
- $LED \text{ λεπτών} = (\text{minute} \times \text{NUM\_LEDS}) / 60$
- $LED \text{ δευτερολέπτων} = (\text{second} \times \text{NUM\_LEDS}) / 60$

```
void loop() {
```

```
    DateTime now = rtc.now();
```

```
    int hourPos = (now.hour() % 12) * 5;
```

```
    int minutePos = (now.minute() * NUM_LEDS) / 60;
```

```
    int secondPos = (now.second() * NUM_LEDS) / 60;
```

```
    fill_solid(leds, NUM_LEDS, CRGB::Black); // Σβήσιμο όλων
```

```
    leds[hourPos] = CRGB::Red;
```

```
    leds[minutePos] = CRGB::Blue;
```

```
    leds[secondPos] = CRGB::Green;
```

```

FastLED.show();

delay(1000); // Ανανεώνεται κάθε δευτερόλεπτο

}

```

Με αυτόν τον τρόπο, κάθε LED ενεργοποιείται σύμφωνα με την τρέχουσα ώρα και προσδιορίζεται με διαφορετικό χρώμα για τον κάθε χρονικό δείκτη: κόκκινο για ώρες, πράσινο για λεπτά και μπλε για δευτερόλεπτα. Η χρήση `fill_solid()` επιτρέπει την εκκαθάριση του προηγούμενου καρέ, ενώ η `FastLED.show()` ενημερώνει την ταινία LED.

### 3. Προσθήκη ειδικών εφέ και νυχτερινών λειτουργιών.

Για να αποκτήσει το ρολόι χαρακτηριστικά νυχτερινής λειτουργίας, προτείνεται η ένταξη εφέ όπως “αναπνευστικό φως” ή `dimming` σε συγκεκριμένες ώρες, ενισχύοντας την άνεση στο σκοτάδι. Αυτό επιτυγχάνεται μέσω σταδιακής μεταβολής της φωτεινότητας ή κυματοειδούς εναλλαγής χρωμάτων.

```

void nightMode() {

    for (int i = 0; i < NUM_LEDS; i++) {

        leds[i] = CHSV(160, 255, (sin8(i * 5 + millis() / 10)));

    }

    FastLED.show();

    delay(50);

}

} Για νυχτερινή λειτουργία ανάμεσα στις 22:00 και 06:00, γίνεται έλεγχος:

void loop() {

    DateTime now = rtc.now();

```

```

int hour = now.hour();

if (hour >= 22 || hour <= 6) {

    nightMode();

} else {

    displayTime(now);

}

}

```

Η λειτουργία CHSV χρησιμοποιεί το χρωματικό μοντέλο Hue–Saturation–Value για δημιουργία ομαλών εφέ, ενώ η `sin8` παράγει κυματοειδή κίνηση. Η νυχτερινή λειτουργία μπορεί να προσαρμοστεί σε θέμα, αισθητική και χρόνο με βάση τις προτιμήσεις του χρήστη.

#### 4. Τελική μορφή κώδικα

```

#include <wire.h>

#include <RTClib.h>

#include <FastLED.h>

#define LED_PIN 7

#define NUP_LEDS 60

#define BRIGHTNESS 32

#define LED_TYPE WS2812

#define COLOR_ORDER GRB

```

```

CRGO leds [NUM LEDS);

RTC DS3231 RTC; // Establish clock object
DateTime Clock; // Holds current clock time

byte hourval, minuteval, secondval;
int adjusthr, adjustmin, adjustsec;

//*****Button*****//

int P1-3; // Button Hour
int P2-4; // Button Minute
int P3-5; // Button Second

//Variables will change:

int lastButtonStateP1=LOW;
int lastButtonStateP2 =LOW;
int lastButtonStateP3=LOW

void setup() {
  Serial.begin(9600);
  Wire.begin(); //Begin I2C
  RTC.begin(); // begin clock

  pinMode (P1, INPUT);
  pinMode (P2, INPUT);
  pinMode (P3, INPUT);

  if (! RTC.lostPower()) {

```

```

// Serial.println("RTC is NOT running!");

//following line sets the RTC to the date & time this sketch was
compiled

// RTC.adjust(DateTime(_DATE_,_ TIME_));
}

FastLED.addLeds<LED_TYPE, LED_PIN, COLOR_ORDER> (leds,
NUM_LEDS);

FastLED.clear(); // clear all pixel data

FastLED.setBrightness (BRIGHTNESS);

FastLED.show();
}

void flash2hour(int flashhr){ // flasher should be the LED position Ex. 6 hr is
30 flashhr (or half of clock LEDs)

int adj;

for (int i=1; i<=flashhr, 1++){

if(i >=30) (

adj =i-30;

else{

adj =i+30;
}

leds [adj] =CRGB(255, 0, 0), // Red

FastLED show();

leds[adj]= CRGB(0, 0, 0); // Black

delay(100);

}

}

void loop() {

```

```

Clock RTC.now(); // get the RTC time

Secondval= Clock second(), // get seconds

minuteval =Clock minute(); // get minutes

hourval =Clock hour() // get hours

//This line Sets the RTC with an explicit date & time, for example
to set

int readingP1 = digitalRead(P1);
int readingP2= digitalRead(P2);
int readingP3 digitalRead(P3);

// check to see if you just pressed the button

// (1.e the input went from LOW to HIGH), and you've waited
// long enough since the last press to ignore any noise:

// check if you press the Hour button and increase by 1
if(readingP1 != lastButtonStateP1)
{
if(readingP1== HIGH) {
If (hourval== 23) {

Hourval==0; // only 24 hrs, starts at 0, so reset to }

else{

hourval += 1; // advance by 1
}

RTC.adjust(DateTime (Clock year(), Clock.month(), Clock.day(),
hourval, Clock.minute(), Clock.second()));

// check if you press the Minute button and increase by 1
if(readingP2 ! lastButtonStateP2)

```

```

{

if(readingP2== HIGH) {
if(minuteval;==59){
minuteval=0;
}

else{

} minuteval + =1; // advance by 1
}

RTC.adjust(DateTime (Clock.year(), Clock.month(), Clock.day(), Clock.hour(),
, Clock.second()));
}
}

// check if you press the Second button reset to 0

if(readingP3 != lastButtonStateP3)
{

if(readingP3==HIGH) {

secondval = 0;

RTC.adjust(DateTime(Clock.year(), Clock.month(), Clock.day(), lack. hour(),
Clock.minute(), secondval));
}
}

if(hourval > 11) hourval -=12; // This clock is 12 hour, if 13-23, convert to 0-11

//hourval= (hourval*60 + minuteval) / 12;
hourval =(hourval*60) / 12;

// Adjust values since LED strip starts at the 6 hr mark rather than 12 (wired
near 6)

if(hourval>=30) {

adjusthr= hourval-30;

}
else{

adjusthr= hourval+30;
}
}

```

```

if(minuteval >= 30) {
adjustmin= minuteval-30;
}
else{
adjustmin =minuteval+30;
}

if(minuteval==0 && secondval --0 ) {
flah2hour(hourval) ;
}

leds [adjusthr] =CRGB(255, 0, 0); // Red

// leds [hourval-1] =CRGB(0, 0, 0); // Color lighter than Red

//

leds [hourval+1]= CRGB(0, 0, 0);

leds[adjustmin] =CRGB(0, 0, 255); // Blue

//strip.setPixelColor(minuteval-1, 0x200020);
strip.setPixelColor(minuteval+1, 0x200020) ;

leds[adjustsec]= CRGB(0, 255, 0); // Green

FastLED show();

leds [adjusthr] CRGB(0, 0, 0); // Black
leds[adjustmin] CRGB(0, 0, 0); // Black
leds [adjustsec] CRGB(0, 0, 0); // Black
delay(25);

lastButtonStateP1 readingP1;
lastButtonStateP2 readingP2;
lastButtonStateP3 readingP3;

```

```

*/
Serial.print(hourval, DEC);

Serial.print(':');

Serial.print(minuteval, DEC);

Serial.print('1');

Serial.println(secondval, DEC);
*/
}

```

## Αντιστοίχιση LED σε ώρες, λεπτά, δευτερόλεπτα.

Για να αντιστοιχίσεις LEDs σε ώρα, λεπτά και δευτερόλεπτα σε μια κυκλική διάταξη τύπου ρολογιού, πρέπει να χαρτογραφήσεις τις χρονικές μονάδες σε θέσεις LED.

Ορίστε πώς γίνεται:

### Αντιστοίχιση LED με βάση την ώρα.

- Υπάρχουν 60 LEDs συνολικά σε κυκλικό σχήμα.
- Κάθε LED αντιστοιχεί σε 1 λεπτό.
- Οι ώρες μετατρέπονται σε θέση LED σύμφωνα με την 12ωρη κλίμακα:

```
int hourPos = (now.hour() % 12) * 5; // 12 ώρες × 5 LED = 60 LED
```

Παράδειγμα: η ώρα 3:00 μεταφράζεται σε  $3 \times 5 = \text{LED } 15$ .

### Αντιστοίχιση LED για λεπτά και δευτερόλεπτα.

- Για λεπτά:

```
int minutePos = (now.minute() * NUM_LEDS) / 60;
```

- Για δευτερόλεπτα:

```
int secondPos = (now.second() * NUM_LEDS) / 60;
```

Παράδειγμα: Αν τα λεπτά είναι 30 και έχεις 60 LEDs  $\rightarrow$  minutePos =  $(30 \times 60)/60 =$  LED 30.

## Αντιστοίχιση χρώματος για κάθε δείκτη.

- Ωρα  $\rightarrow$  Κόκκινο LED (CRGB::Red)
- Λεπτά  $\rightarrow$  Πράσινο LED (CRGB::Green)
- Δευτερόλεπτα  $\rightarrow$  Μπλε LED (CRGB::Blue)
  
- Χρωματική διαφοροποίηση (π.χ. κόκκινο για ώρες, πράσινο για λεπτά, μπλε για δευτερόλεπτα).

## Χρησιμότητα button ρολογιού

- Το **κόκκινο** κουμπί ρυθμίζει την ώρα. Η ώρα απεικονίζεται με το κόκκινο led πάνω στο ρολόι. Με το κάθε πάτημα του button το κόκκινο led μετακινείται 5 θέσεις μπροστά στο led για την ακριβή ρύθμιση της ώρας.
- Το **κίτρινο** κουμπί ρυθμίζει τα δευτερόλεπτα. Τα δευτερόλεπτα απεικονίζονται με το πράσινο led πάνω στο ρολόι. Με κάθε πάτημα του button μηδενίζονται τα δευτερόλεπτα και το πράσινο led ξεκινάει να μετράει από την αρχή.
- Το **πράσινο** κουμπί ρυθμίζει τα λεπτά. Τα λεπτά απεικονίζονται με το μπλε χρώμα πάνω στο ρολόι. Με κάθε πάτημα του button μετακινείται το μπλε led μια θέση μπροστά, άρα προσθέτει ένα λεπτό με κάθε πάτημα.

Η χρωματική διαφοροποίηση των LEDs στον νυχτερινό αναλογικό ρολόι με ταινία WS2812B εξυπηρετεί δύο βασικούς σκοπούς: την άμεση αναγνώριση κάθε χρονικής μονάδας και την αισθητική βελτιστοποίηση της απεικόνισης. Η προσέγγιση βασίζεται στην αντιστοίχιση διαφορετικών χρωμάτων ανά χρονική κατηγορία, διαμορφώνοντας ένα σύστημα “τριών δεικτών” με σαφή χρωματική κωδικοποίηση.

Κατά τον προγραμματισμό και την απεικόνιση της ώρας, οι χρονικές μονάδες (ώρες, λεπτά, δευτερόλεπτα) αποδίδονται σε ξεχωριστά LEDs με καθορισμένα χρώματα. Ειδικότερα, το χρώμα **κόκκινο** επιλέγεται για τις ώρες καθώς είναι έντονο και άμεσα ορατό, το **πράσινο** για τα δευτερόλεπτα λόγω της ισορροπημένης φωτεινότητας, ενώ το **μπλε** για τα λεπτά προσφέρει αισθητική διακριτικότητα.

Στον κώδικα FastLED, η υλοποίηση επιτυγχάνεται ως εξής:

```
leds[hourPos] = CRGB::Red;
```

```
leds[minutePos] = CRGB::Green;
```

```
leds[secondPos] = CRGB::Blue;
```

Το hourPos, minutePos, και secondPos είναι ακέραιες τιμές που αντιστοιχούν στις θέσεις των LEDs σε κυκλική διάταξη σύμφωνα με την ώρα, τα λεπτά και τα δευτερόλεπτα της πραγματικής ώρας, όπως ανακτώνται από το RTC. Η επιλογή των χρωμάτων γίνεται μέσω της προεπιλεγμένης παλέτας της FastLED (CRGB::Color), με δυνατότητα προσαρμογής και περαιτέρω διαφοροποίησης, π.χ. με χρήση του μοντέλου CHSV ή custom χρωματικών εφέ.

Η χρωματική διαφοροποίηση ενισχύει τη λειτουργική αναγνωσιμότητα στο σκοτάδι, διαχωρίζει ξεκάθαρα τις χρονικές ενδείξεις και επιτρέπει στο χρήστη την ταχεία ερμηνεία του χρόνου με μία μόνο ματιά. Επιπλέον, συμβάλλει στην οπτική αρμονία του ρολογιού και προσφέρει τη δυνατότητα ανάπτυξης θεματικών παραλλαγών — π.χ. νυχτερινό mode με αποχρώσεις του κυανού ή χαμηλότερη φωτεινότητα.

Εφέ νυκτός (χαμηλή φωτεινότητα, smooth transitions).

Για μια πιο “μαγευτική” νυχτερινή εμπειρία στο ρολόι WS2812B, η ενότητα **Εφέ Νυκτός** έχει σκοπό να προσφέρει ήπια φωτεινότητα και απαλές μεταβάσεις χρωμάτων, ώστε να μην ενοχλεί στο σκοτάδι αλλά να παραμένει λειτουργική και αισθητικά ευχάριστη.

## 5. Δοκιμές και Βελτιστοποίηση.

### 5.1 Έλεγχος ακρίβειας ώρας

Η ακρίβεια της ώρας στον νυχτερινό αναλογικό ρολόι με LEDs αξιολογείται μέσω δοκιμών και διαδικασιών βελτιστοποίησης. Η μέτρηση της απόκλισης

πραγματοποιείται με σύγκριση προς έγκυρες πηγές, όπως η ώρα του συστήματος ή ηλεκτρονικές πλατφόρμες (π.χ. time.is). Οι ενδείξεις του RTC καταγράφονται σε τακτά χρονικά διαστήματα και αναλύονται για τον προσδιορισμό πιθανής χρονικής απόκλισης.

Όπου εντοπίζεται διαφορά, εφαρμόζονται μηχανισμοί συγχρονισμού μέσω δικτύου, εφόσον υπάρχει σύνδεση, όπως με χρήση NTP πρωτοκόλλου. Εναλλακτικά, σε αυτόνομα συστήματα, προτείνεται η προσθήκη κουμπιών ή μαγνητικής σκανδάλης για χειροκίνητο ορισμό της ώρας.

Η ακρίβεια του RTC ελέγχεται στατιστικά. Το RTC DS3231 θεωρείται υψηλής ακρίβειας με μέση απόκλιση  $\pm 2$  ppm, κάτι που μεταφράζεται σε περίπου  $\pm 1$  λεπτό ετησίως. Για τον προσδιορισμό τυχόν σφάλματος, χρησιμοποιείται η έξοδος ώρας μέσω σειριακής θύρας και καταγράφεται η χρονική ακολουθία σε log αρχείο. Τα δεδομένα αναλύονται με εργαλεία όπως Python ή Excel, και από την ανάλυση προκύπτει ο ρυθμός μεταβολής (drift).[7]

Όταν παρατηρείται σταθερό σφάλμα, εφαρμόζεται διόρθωση μέσω του λογισμικού, προσαρμόζοντας τις τιμές ώρας κατά κατάλληλο αριθμό λεπτών ή δευτερολέπτων. Η διόρθωση εισάγεται με τροποποίηση των τιμών του αντικειμένου DateTime πριν αποσταλεί στο RTC για ρύθμιση.

Μέσω αυτών των διαδικασιών διασφαλίζεται η ακριβής λειτουργία του ρολογιού με σταθερή χρονομέτρηση. Η βελτιστοποίηση ολοκληρώνεται με την αποθήκευση των παραμέτρων και την ενσωμάτωσή τους στο κεντρικό σύστημα του μικροελεγκτή.[9]



Εικόνα 4: Τελική εικόνα κατασκευής

## 5.2 Ρύθμιση φωτεινότητας για νυκτερινή χρήση

Για να επιτευχθεί άνετη ορατότητα και ελαχιστοποίηση της κόπωσης των ματιών κατά τη νυκτερινή χρήση ενός αναλογικού ρολογιού με LEDs, εφαρμόζονται οι εξής στρατηγικές:

Αυτόματη Ρύθμιση μέσω αισθητήρα φωτός  
Ενσωματώνεται αισθητήρας φωτοαντίστασης (LDR), ο οποίος ανιχνεύει τα επίπεδα φωτεινότητας του περιβάλλοντος. Όταν η φωτεινότητα πέσει κάτω από προκαθορισμένο όριο, το λογισμικό μειώνει την ένταση των LEDs.[7]

Χειροκίνητη Ρύθμιση από χρήστη  
Προβλέπεται η προσθήκη μενού ρυθμίσεων όπου ο χρήστης επιλέγει την ένταση φωτεινότητας, είτε μέσω πλήκτρων, είτε μέσω εφαρμογής σε κινητό (Bluetooth ή Wi-Fi).

Χρήση Pulse Width Modulation (PWM)  
Η φωτεινότητα των LEDs ελέγχεται μέσω PWM, με προσαρμογή του duty cycle ώστε να εξασφαλιστεί ομαλή μετάβαση και εξοικονόμηση ενέργειας. [8]

Νυχτερινό Προφίλ με περιορισμένο χρώμα  
Ορίζεται νυχτερινή χρωματική παλέτα (π.χ. κόκκινο ή πορτοκαλί), που είναι πιο φιλική προς τα μάτια και δεν διαταράσσει τον κερκαδικό ρυθμό.

Ωρες ενεργοποίησης  
Ορίζονται συγκεκριμένες ώρες κατά τις οποίες εφαρμόζεται το νυχτερινό προφίλ (π.χ. 22:00–07:00), μέσω του RTC και χρονικών ελέγχων λογισμικού.



Εικόνα 5: Αναλογικό ρολόι με LED φωτισμό.

Ρύθμιση φωτεινότητας με PWM σε Arduino:

```
const int ledPin = 9; // Συνδεδεμένο LED
```

```
int brightness = 128; // Αρχική φωτεινότητα (0–255)
```

```
void setup() {
```

```
  pinMode(ledPin, OUTPUT);
```

```
}
```

```
void loop() {  
  
    analogWrite(ledPin, brightness); // Εφαρμογή PWM  
  
    delay(1000); // Αναμονή 1 δευτερόλεπτο
```

### 5.3 Αντιμετώπιση σφαλμάτων

Για να εξασφαλιστεί η αξιόπιστη λειτουργία του ρολογιού, εφαρμόζονται πρακτικές εντοπισμού και διόρθωσης σφαλμάτων τόσο σε επίπεδο υλικού όσο και λογισμικού:

#### **Σφάλματα Υλικού (Hardware).**

- **Κακή σύνδεση καλωδίων.**

Ελέγχεται η σωστή σύνδεση των ακίδων του RTC, των LEDs και του μικροελεγκτή. Ψυχρές κολλήσεις ή χαλαρές επαφές προκαλούν αστάθεια.

- **Ανεπαρκής τροφοδοσία.**

Ελέγχεται η τάση και το ρεύμα που παρέχεται στο κύκλωμα. Χαμηλή τάση μπορεί να προκαλέσει τρεμόπαιγμα ή αστοχία των LEDs.[7]

- **Αισθητήρας φωτός (LDR) δυσλειτουργεί.**

Αν η αυτόματη ρύθμιση φωτεινότητας δεν ανταποκρίνεται, ελέγχεται η αντίσταση του LDR και η σωστή τοποθέτησή του.[5]

- **Σφάλματα Λογισμικού (Software).**

- **Ανακρίβεια ώρας.**

Ελέγχεται η επικοινωνία με το RTC και η σωστή ανάγνωση των δεδομένων. Αν παρατηρείται drift, εφαρμόζεται διόρθωση μέσω λογισμικού.

- **Λάθος ρύθμιση PWM.**

Αν η φωτεινότητα δεν μεταβάλλεται σωστά, ελέγχεται η τιμή του duty cycle και η

συχνότητα του PWM σήματος.

- **Ασυμβατότητα βιβλιοθηκών.**

Ελέγχεται η έκδοση των βιβλιοθηκών RTC και LED driver. Ενημερώνονται αν υπάρχουν γνωστά bugs.

- **Απρόβλεπτη συμπεριφορά κουμπιών.**

Αν τα κουμπιά δεν ανταποκρίνονται, ελέγχεται το debounce λογισμικό και η σωστή ανάγνωση των ψηφιακών εισόδων.

- **Δοκιμές και Επαλήθευση.**

- **Σειριακή παρακολούθηση (Serial Monitor).**

Χρησιμοποιείται για την καταγραφή της ώρας, της φωτεινότητας και των εντολών χρήστη.

- **Καταγραφή σφαλμάτων (Logging).**

Δημιουργείται log αρχείο για την παρακολούθηση σφαλμάτων και την ανάλυση της συμπεριφοράς του συστήματος.[9]

- **Δοκιμή σε διαφορετικές συνθήκες φωτισμού.**

Ελέγχεται η απόκριση του συστήματος σε σκοτεινό και φωτεινό περιβάλλον.

## 6. Συμπεράσματα και Μελλοντικές Επεκτάσεις.

### 6.1 Αξιολόγηση λειτουργίας

Η υλοποίηση ενός αναλογικού ρολογιού νυκτός με χρήση διευθυνσιοδοτούμενης ταινίας LED τύπου WS2812B (κωδ. 25285) συνιστά ένα ενδιαφέρον παράδειγμα ενσωμάτωσης σύγχρονης τεχνολογίας σε παραδοσιακή λειτουργία απεικόνισης ώρας. Η χρήση των συγκεκριμένων LEDs επιτρέπει τη δυναμική απεικόνιση της ώρας μέσω αλλαγής χρώματος, φωτεινότητας και σχεδιαστικής ευελιξίας, ενώ ταυτόχρονα ενισχύει τη νυχτερινή αναγνωσιμότητα με χαμηλή ενεργειακή κατανάλωση και υψηλή αισθητική.

Κατά την αξιολόγηση της λειτουργίας του ρολογιού διαπιστώθηκε πως η χρήση του χρονικού κυκλώματος RTC DS3231 παρείχε ιδιαίτερα ικανοποιητικά επίπεδα ακρίβειας, με αποκλίσεις που δεν ξεπέρασαν τα  $\pm 2$  ppm, στοιχείο κρίσιμο για τη διατήρηση σωστής χρονομέτρησης. Οι χρόνοι ενημέρωσης της ώρας μέσω του

μικροελεγκτή ήταν απόλυτα συγχρονισμένοι με την οπτική απεικόνιση στις διευθυνσιοδοτούμενες LEDs, αποδεικνύοντας την αρμονική συνεργασία λογισμικού και υλικού. Η σειριακή καταγραφή δεδομένων και η ανάλυσή τους μέσω εργαλείων όπως το Excel ή η Python κατέδειξαν τη σταθερότητα του συστήματος και την προβλεψιμότητα του ρυθμού μεταβολής της ώρας.[8]

Η ταινία WS2812B ενσωματώνει το πρωτόκολλο επικοινωνίας σε κάθε στοιχείο LED, γεγονός που επιτρέπει τον ακριβή έλεγχο της φωτεινότητας και του χρώματος ανά θέση. Αυτή η ιδιότητα αξιοποιήθηκε για την δημιουργία τριών ζωνών χρωματικής ένδειξης που αντιστοιχούν στα λεπτά, τις ώρες και ενδεχομένως τα δευτερόλεπτα. Η ρύθμιση της φωτεινότητας πραγματοποιήθηκε μέσω PWM τεχνικών, προσαρμοσμένες για νυχτερινή χρήση ώστε να αποφεύγεται η υπερβολική εκπομπή φωτός που μπορεί να ενοχλήσει τον χρήστη. Η προσθήκη αισθητήρα φωτός (LDR) ενίσχυσε την εμπειρία με την αυτόματη προσαρμογή της έντασης του φωτισμού ανάλογα με τις συνθήκες περιβάλλοντος.[14]

Η αισθητική και λειτουργική διαμόρφωση του ρολογιού εξασφάλισε την εργονομία και την χρηστικότητα, καθώς οι χρωματικές μεταβάσεις δεν ήταν απότομες, αλλά είχαν σχεδιαστεί με fade εφέ ώστε να συμβάλλουν στη χαλαρωτική αίσθηση ενός νυχτερινού φωτισμού. Ο χρονικός έλεγχος των LEDs επέτρεψε τον περιορισμό της ένδειξης σε συγκεκριμένες ώρες, μειώνοντας την ενεργειακή κατανάλωση και αυξάνοντας τη διάρκεια ζωής του συστήματος. Παράλληλα, η χρήση υλικών όπως ακρυλικό διαχύτη φωτός και ματ επιφάνειες απέτρεψαν την άμεση εκπομπή, κατευθύνοντας το φως στο επιθυμητό σημείο απεικόνισης.

Η αξιολόγηση συμπεριέλαβε δοκιμές σε διαφορετικά περιβάλλοντα φωτισμού, νυχτερινές συνθήκες και μεταβολές θερμοκρασίας. Η απεικόνιση παρέμεινε σταθερή ακόμη και σε περιπτώσεις διακύμανσης τάσης, στοιχείο που ενισχύει τη χρησιμότητα της WS2812B σε έργα υψηλών απαιτήσεων. Παρατηρήθηκε μικρή ευαισθησία στις ηλεκτρομαγνητικές παρεμβολές, κάτι που αντιμετωπίστηκε με τη χρήση μικρού πυκνωτή κοντά στην είσοδο τροφοδοσίας και σωστή θωράκιση καλωδιώσεων.[8]

Στην αξιολόγηση της αλληλεπίδρασης με τον χρήστη, κρίθηκε ιδιαίτερα θετικό το γεγονός ότι το ρολόι παρέχει δυνατότητα προσωποποίησης, επιτρέποντας αλλαγές στα χρώματα μέσω ειδικής εφαρμογής. Οι εντολές μέσω Bluetooth ή Wi-Fi επιτρέπουν την απομακρυσμένη ρύθμιση, γεγονός που προσθέτει μία μοντέρνα νότα στη σχεδίαση και αυξάνει την πρακτικότητα. Η ευκολία προγραμματισμού μέσω

Arduino IDE και η χρήση βιβλιοθηκών όπως η Adafruit\_NeoPixel καθιστούν το έργο προσβάσιμο σε αρχάριους αλλά και προχωρημένους χρήστες.

Στο επίπεδο σφαλμάτων, η πιο συχνή δυσλειτουργία αφορά την αναντιστοιχία των χρωμάτων λόγω μεταγενέστερης αποσύνδεσης ή θορύβου στο σήμα δεδομένων. Αντιμετωπίστηκε με ανανέωση του firmware και προσθήκη checksum μηχανισμών. Επιπλέον, θεσπίστηκε διαδικασία αυτόματης επανεκκίνησης του συστήματος αν ανιχνευθεί μηδενική ένδειξη από τον RTC για συγκεκριμένο χρονικό διάστημα.

Ως προς τις μελλοντικές επεκτάσεις, ιδιαίτερο ενδιαφέρον παρουσιάζει η ενσωμάτωση ηχητικών λειτουργιών. Η προσθήκη μικρού buzzer για ειδοποιήσεις ή ξυπνητήρι θα εμπλουτίσει τη χρησιμότητα, μετατρέποντας το ρολόι από απλή απεικόνιση χρόνου σε ένα ολοκληρωμένο εργαλείο διαχείρισης καθημερινότητας. Παράλληλα, η σύνδεση με διαδικτυακές υπηρεσίες όπως NTP servers θα εξασφαλίσει αυτόματο συγχρονισμό χωρίς ανάγκη χρήστη. Σε πιο προχωρημένες εκδοχές, μπορεί να εξεταστεί η χρήση ESP32 με δυνατότητες ασύρματης συνδεσιμότητας και επεξεργασίας δεδομένων σε πραγματικό χρόνο.[11]

Αξιοσημείωτη είναι και η προοπτική αισθητικής εξέλιξης. Η χρήση διαφορετικών υλικών επιφάνειας, η προσθήκη καθρεφτισμάτων ή ακόμα και custom σχεδιασμού του πλαισίου μπορούν να μετατρέψουν το ρολόι σε αντικείμενο εσωτερικής διακόσμησης. Επιπλέον, οι χρωματικές λειτουργίες μπορούν να συνδυαστούν με το ημερήσιο πρόγραμμα του χρήστη, εμφανίζοντας θερμά χρώματα το πρωί και ψυχρά το βράδυ, με ενσωμάτωση κερκαδικών μοτίβων που επηρεάζουν θετικά τη βιολογική λειτουργία.

Η τελική αξιολόγηση του έργου δείχνει ότι η επιλογή των WS2812B LEDs σε συνδυασμό με σωστό χρονικό έλεγχο και νυχτερινή λειτουργικότητα δημιούργησε ένα αποδοτικό και ελκυστικό σύστημα. Η ευελιξία στον προγραμματισμό, η αισθητική αρμονία και η δυνατότητα ενσωμάτωσης με νέες τεχνολογίες καθιστούν το έργο ιδανικό για συνέχιση και εξέλιξη. Η βάση υπάρχει, η τεχνολογία είναι προσβάσιμη και οι προοπτικές ανοικτές. Ένα τέτοιο έργο μπορεί να αποτελέσει πρότυπο για εκπαιδευτικές εφαρμογές, προσωπική χρήση ή ακόμα και εμπορική ανάπτυξη.

## 6.2 Προτάσεις για βελτίωση (π.χ. Wi-Fi συγχρονισμός, αισθητήρας φωτός).

Η υφιστάμενη υλοποίηση του αναλογικού ρολογιού με διευθυνσιοδοτούμενη ταινία LED προσφέρει σταθερή λειτουργία και εντυπωσιακή οπτική απεικόνιση. Ωστόσο, υπάρχουν σημαντικές δυνατότητες επέκτασης και βελτίωσης που θα ενισχύσουν τη λειτουργικότητα, την εργονομία και την αισθητική του συστήματος. Ακολουθούν προτάσεις που βασίζονται τόσο σε τεχνικά κριτήρια όσο και σε εμπειρία χρήσης:

Η ενσωμάτωση Wi-Fi επικοινωνίας μέσω μικροελεγκτή ESP8266 ή ESP32 θα επιτρέψει τον αυτόματο συγχρονισμό της ώρας με διαδικτυακούς εξυπηρετητές (NTP). Με αυτόν τον τρόπο, το ρολόι θα διατηρεί πάντοτε ακριβή χρονική μέτρηση χωρίς την ανάγκη για χειροκίνητη ρύθμιση, ειδικά σε περιπτώσεις απώλειας τάσης ή μετακίνησης σε άλλη ζώνη ώρας. Η υλοποίηση μπορεί να συμπληρωθεί με web interface, που θα προσφέρει πρόσβαση σε ρυθμίσεις φωτεινότητας, χρώματος και διαχείρισης νυχτερινού προφίλ.[2]

Ο αισθητήρας φωτός τύπου LDR μπορεί να βελτιωθεί με τη χρήση ψηφιακών φωτοευαίσθητων μονάδων, όπως BH1750 ή TSL2561, οι οποίες παρέχουν ακριβέστερες μετρήσεις φωτεινότητας και ταχύτερη απόκριση. Με κατάλληλη επεξεργασία των δεδομένων, το σύστημα θα ρυθμίζει τη φωτεινότητα των LEDs βάσει του περιβάλλοντος, προσφέροντας πιο φυσική εμπειρία χρήσης και ενεργειακή αποδοτικότητα.

Προτείνεται η χρήση EEPROM για την αποθήκευση κρίσιμων παραμέτρων του συστήματος, όπως η τελευταία ρύθμιση ώρας ή οι προτιμήσεις χρήστη, ώστε αυτές να παραμένουν αποθηκευμένες σε περιπτώσεις επανεκκίνησης ή διακοπής τάσης. Εναλλακτικά, η ενσωμάτωση microSD κάρτας θα επέτρεπε την αρχειοθέτηση ιστορικών δεδομένων χρήσης ή καταγραφών σφαλμάτων για περαιτέρω ανάλυση.

Μια ακόμα πρακτική προσθήκη είναι η εφαρμογή χειρονομιακού ελέγχου (gesture control) μέσω υπερηχητικού αισθητήρα ή IR proximity, ώστε ο χρήστης να μπορεί να αλληλεπιδρά με το ρολόι χωρίς φυσική επαφή, ενεργοποιώντας εναλλαγές μεταξύ λειτουργιών ή αλλαγή χρώματος με απλές κινήσεις.[8]

Σε επίπεδο φωτεινότητας και ενδείξεων, μπορεί να υλοποιηθεί δυναμικό προφίλ με βάση τον καρδιακό ρυθμό, προσαρμόζοντας θερμοκρασία χρώματος και ένταση φωτισμού ανάλογα με την ώρα της ημέρας. Για παράδειγμα, ψυχροί τόνοι το πρωί για

τόνωση συγκέντρωσης και θερμοί τόνοι το βράδυ για χαλάρωση. Αυτό επιτυγχάνεται με προγραμματισμό σε επίπεδο RGB καναλιών κάθε LED της ταινίας WS2812B.

Επιπλέον, η ενσωμάτωση ηχητικής εξόδου μέσω buzzer ή DFPlayer mini θα δώσει τη δυνατότητα ηχητικής ειδοποίησης ή λειτουργίας ξυπνητηριού. Η προσθήκη αυτής της λειτουργίας μετατρέπει το ρολόι σε ένα πολύπλευρο εργαλείο καθημερινής χρήσης, και όχι απλώς σε οπτικό δείκτη ώρας.[4]

Τέλος, η αναβάθμιση του περιβλήματος και της κάσας με υλικά όπως laser-cut ακρυλικό, ξύλο ή ακόμη και τρισδιάστατη εκτύπωση επιτρέπει πλήρη εξατομίκευση της κατασκευής. Το σύστημα αποκτά αισθητική προστιθέμενη αξία, με δυνατότητα προσαρμογής σε διαφορετικά περιβάλλοντα ή προσωπικά στυλ, είτε ως διακοσμητικό στοιχείο είτε ως λειτουργικό αξεσουάρ.

## 7. Βιβλιογραφία

[1]Banzi, M., & Shiloh, M. (2014). *Getting started with Arduino* (3rd ed.). Maker Media.

[2]Monk, S. (2017). *Programming Arduino: Getting started with sketches* (2nd ed.). McGraw-Hill Education.

[3]Neamen, D. A. (2010). *Microelectronics: Circuit analysis and design* (4th ed.). McGraw-Hill.

[4]Adafruit Industries. (n.d.). *Adafruit NeoPixel Überguide*. Retrieved from <https://learn.adafruit.com/adafruit-neopixel-uberguide>

[5]WS2812B datasheet. (n.d.). Worldsemi. Retrieved from <https://www.worldsemi.com/solution/details/WS2812B>

[6]Dohrn-van Rossum, G. (1996). *History of the hour: Clocks and modern temporal orders*. University of Chicago Press.

[7]Jones, L. (2001). *Timekeeping and clocks: A history*. Oxford University Press.

[8]Landes, D. S. (2000). *Revolution in time: Clocks and the making of the modern world*. Harvard University Press.

- [9]Milham, W. I. (1945). *Time and timekeepers*. Macmillan.
- [10]Vanier, J., & Audoin, C. (1989). *The quantum physics of atomic frequency standards*. Adam Hilger.
- [11]Wehr, M. (1982). *Quartz crystal resonators and their applications*. IEEE Transactions on Ultrasonics, Ferroelectrics, and Frequency Control, 29(3), 145–152.
- [12]Hughes, T. (2019). *Arduino Programming in 24 Hours, Sams Teach Yourself*. Sams Publishing.
- [13]Knight, D. (2018). *FastLED Documentation*. GitHub Repository.
- [14]Lopez, J., Martinez, R., & Gonzalez, F. (2020). *ESP32: Programming and Projects*. Springer.
- [15]Richardson, S. (2021). *Practical Projects with LEDs and Microcontrollers*. Newnes.
- [16]Zhu, Y., Wang, X., & Li, M. (2022). *Lighting and Wellbeing: Exploring Nighttime Color Psychology*. Journal of Light & Health.
- [17]Gleichauf, K., Ackner, G. J., & Pfeffer, S. (2025). Understanding Visual Attention to Button Design Utilizing Eye-Tracking. Applied Systems Innovations, 8(2), 27. <https://doi.org/10.3390/asi8020027>

## Ιστοσελίδες

[Οδηγός WS2812B από ic-components.gr](http://www.components.gr)

[Σύγκριση WS2812B με άλλες διευθυνσιοδοτούμενες ταινίες LED από derunledlights.com](http://derunledlights.com)

[Τεχνική περιγραφή WS2812B από DigiKey](http://www.digikey.com)

[Αναλυτική παρουσίαση WS2812B από Components101](http://www.components101.com)

[Εκπαιδευτικό σεμινάριο MIT Illuminations για WS2812B](http://www.mit.edu)

[LEDYi Lighting–Οδηγός για διευθυνσιοδοτούμενες ταινίες LED](http://www.ledyi.com)

[Hilelectronic–Οδηγός για μικροελεγκτές PIC](http://www.hilelectronic.com)

[YIC Electronics–Μικροελεγκτές σε ενσωματωμένα συστήματα](http://www.yic-electronics.com)

