

PWM (Pulse Width Modulation)

Ο απλοϊκότερος τρόπος ελέγχου της φωτεινότητας ενός λαμπτήρα ή του αριθμού των στροφών του άξονα ενός δραπάνου είναι με την αύξηση ή μείωση της ηλεκτρικής τάσης που εφαρμόζεται στα άκρα αυτών των συσκευών.

Μεγαλύτερη ηλεκτρική τάση → Μεγαλύτερη φωτεινότητα στον λαμπτήρα, περισσότερες στροφές του άξονα του δραπάνου

Μικρότερη ηλεκτρική τάση → Μικρότερη φωτεινότητα στον λαμπτήρα, λιγότερες στροφές του άξονα του δραπάνου

Η ως άνω προσέγγιση όμως δεν είναι αποτελεσματική όταν δεν υπάρχει γραμμική σχέση μεταξύ της εφαρμοζόμενης ηλεκτρικής τάσης σε μια συσκευή και του ηλεκτρικού ρεύματος που διαρρέει αυτή (δεν ισχύει ο νόμος του Ωμ). Επίσης, η ως άνω προσέγγιση δεν προσφέρει αποτελεσματικό / οικονομικό τρόπο διαχείρισης της μετατροπής του έργου της ηλεκτρικής ενέργειας σε ωφέλιμο έργο άλλης μορφής ενέργειας.

Ενας καλύτερος τρόπος ελέγχου των παραπάνω αναφερθέντων φυσικών μεγεθών είναι με την εφαρμογή της ενδεδειγμένης ηλεκτρικής τάσης τροφοδοσίας για συγκεκριμένο χρονικό διάστημα, ακολούθως για συγκεκριμένο χρονικό διάστημα η ηλεκτρική τάση τροφοδοσίας μηδενίζεται, μετά η ηλεκτρική τάση τροφοδοσίας εφαρμόζεται πάλι για το ίδιο συγκεκριμένο χρονικό διάστημα, κ.ο.κ..

Η αλληλουχία εφαρμογής ή όχι της ενδεδειγμένης ηλεκτρικής τάσης τροφοδοσίας συμβαίνει πολλές φορές το δευτερόλεπτο. Ουσιαστικά, συμβαίνει η παλμική εφαρμογή της ηλεκτρικής τάσης τροφοδοσίας, δηλαδή: είτε 0V (μη εφαρμογή ηλεκτρικής τάσης) ή η ενδεδειγμένη τιμή, για τη συσκευή, τάσης τροφοδοσίας.

Πιο συγκεκριμένα για την περίπτωση του L.E.D., όταν εφαρμόζεται η ηλεκτρική τάση (1,5V) στα άκρα αυτού, το L.E.D. ανάβει, ενώ όταν εφαρμόζεται 0V αυτό δεν ανάβει. Όταν αυτή η αλληλουχία συμβαίνει πολλές φορές το δευτερόλεπτο, και ειδικότερα όταν το L.E.D. μένει περισσότερο χρονικό διάστημα αναμμένο απ' ότι σβηστό το μάτι μας δεν μπορεί να διακρίνει το αναβόσβημα του L.E.D. (μετείκασμα του ματιού).

Εδώ θα αναφερθούμε πιο συγκεκριμένα στο χρονικό διάστημα που εφαρμόζεται η ενδεδειγμένη ηλεκτρική τάση τροφοδοσίας της συσκευής (t_{ON}) και στο χρονικό διάστημα που εφαρμόζεται 0V (t_{OFF}). Είπαμε προηγουμένως ότι η αλληλουχία t_{ON} και t_{OFF} επαναλαμβάνεται πολλές φορές το δευτερόλεπτο, δηλαδή μπορούμε να ορίσουμε ότι: $t_{ON} + t_{OFF} = T$, είναι η περίοδος που διαρκεί το φαινόμενο της εφαρμογής ή όχι της ηλεκτρικής τάσης. Από τον προηγούμενο μαθηματικό τύπο κατανοούμε ότι μπορούμε να έχουμε το ίδιο T με διαφορετικές τιμές t_{ON} και t_{OFF} αρκεί το άθροισμά τους να είναι το ίδιο. Μας ενδιαφέρει όμως κυρίως πόσο είναι το t_{ON} σε σχέση με την περίοδο. Έτσι χρησιμοποιούμε την παράμετρο:

Κύκλος Εργασίας (Duty Cycle) % = $100\% * [t_{ON} / (t_{ON} + t_{OFF})] = 100\% * [t_{ON} / T]$

Για την περίπτωση του L.E.D., αυτή η παράμετρος μας δηλώνει το ποσοστιαίο χρονικό διάστημα που είναι αναμμένο σε σχέση με την περίοδο αναμμένου/σβηστού L.E.D..

Σχετικά με τα παραπάνω και πιο ειδικά για το L.E.D. μπορείτε να δείτε ένα σχετικό animation σε αυτή την διεύθυνση:

<https://www.phidgets.com/education/learn/getting-started-kit-tutorial/dutycycle/>

Παρακάτω παρατίθεται ένα κείμενο από το site του Arduino και ακολουθεί η μετάφρασή του

Foundations

<https://www.arduino.cc/en/Tutorial/Foundations/PWM>

The Fading example demonstrates the use of analog output (PWM) to fade an LED. It is available in the File->Sketchbook->Examples->Analog menu of the Arduino software.

```
/* Fading
This example shows how to fade an LED using the analogWrite() function.
The circuit:
- LED attached from digital pin 9 to ground through 220 ohm resistor.
created 1 Nov 2008
by David A. Mellis
modified 30 Aug 2011
by Tom Igoe
This example code is in the public domain.
https://www.arduino.cc/en/Tutorial/BuiltInExamples/Fading */
```

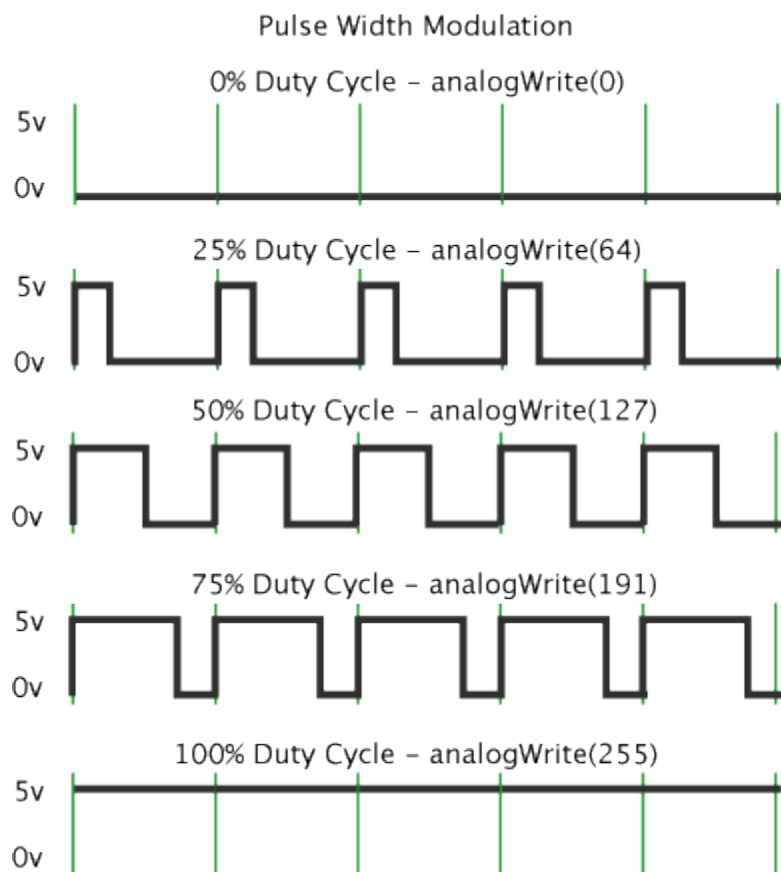
```
int ledPin = 9; // LED connected to digital pin 9
```

```
void setup(){
    // nothing happens in setup
}
```

```
void loop(){
    // fade in from min to max in increments of 5 points:
    for (int fadeValue = 0 ; fadeValue <= 255; fadeValue += 5) {
        // sets the value (range from 0 to 255):
        analogWrite(ledPin, fadeValue);
        delay(30); // wait for 30 milliseconds to see the dimming effect
    } // end of for(...)
    // fade out from max to min in increments of 5 points:
    for (int fadeValue = 255 ; fadeValue >= 0; fadeValue -= 5) {
        // sets the value (range from 0 to 255):
        analogWrite(ledPin, fadeValue);
        delay(30); // wait for 30 milliseconds to see the dimming effect
    } // end of for(...)
} // end of loop()
```

Pulse Width Modulation, or PWM, is a technique for getting analog results with digital means. Digital control is used to create a square wave, a signal switched between on and off. This on-off pattern can simulate voltages in between the full Vcc of the board (e.g., 5 V on Uno, 3.3 V on a MKR board) and off (0 Volts) by changing the portion of the time the signal spends on versus the time that the signal spends off. The duration of "on time" is called the pulse width. To get varying analog values, you change, or modulate, that pulse width. If you repeat this on-off pattern fast enough with an LED for example, the result is as if the signal is a steady voltage between 0 and Vcc controlling the brightness of the LED.

In the graphic below, the green lines represent a regular time period. This duration or period is the inverse of the PWM frequency. In other words, with Arduino's PWM frequency at about 500Hz, the green lines would measure 2 milliseconds each. A call to [analogWrite\(\)](#) is on a scale of 0 - 255, such that `analogWrite(255)` requests a 100% duty cycle (always on), and `analogWrite(127)` is a 50% duty cycle (on half the time) for example.



Once you get this example running, grab your arduino and shake it back and forth. What you are doing here is essentially mapping time across the space. To our eyes, the movement blurs each LED blink into a line. As the LED fades in and out, those little lines will grow and shrink in length. Now you are seeing the pulse width.

Written by Timothy Hirzel

Last revision February 05, 2018, at 08:43 PM

Μετάφραση

Το παράδειγμα Fading δείχνει τη χρήση αναλογικής εξόδου (PWM) για να μειωθεί η φωτεινότητα σ' ένα LED. Είναι διαθέσιμο στο μενού File->Sketchbook->Examples->Analog του λογισμικού Arduino.

(Ο σχετικός κώδικας παρατίθεται σε κίτρινο υπόβαθρο στο αγγλικό κείμενο.)

Το Pulse Width Modulation, ή PWM, είναι μια τεχνική για τη λήψη αναλογικών αποτελεσμάτων με ψηφιακά μέσα. Ο ψηφιακός έλεγχος χρησιμοποιείται για τη δημιουργία μιας τετραγωνικής παλμοσειράς, ενός σήματος εναλλαγής μεταξύ ενεργοποίησης (on) και απενεργοποίησης (off). Αυτό το μοτίβο on-off μπορεί να προσομοιώσει τις τάσεις μεταξύ της πλήρους Vcc της πλακέτας (π.χ. 5 V σε Uno, 3,3 V σε μια πλακέτα MKR) και απενεργοποίησης (0 Volt) αλλάζοντας το τμήμα του χρόνου που αφιερώνει το σήμα σε κατάσταση on σε σχέση με το χρόνο που το σήμα είναι σε κατάσταση off. Η διάρκεια του "χρόνου on" ονομάζεται πλάτος παλμού. Για να λάβετε ποικίλες αναλογικές τιμές, αλλάζετε ή διαμορφώνετε αυτό το πλάτος του παλμού. Εάν επαναλάβετε αυτό το μοτίβο on-off αρκετά γρήγορα σ' ένα LED, για παράδειγμα, το αποτέλεσμα είναι σαν το σήμα να είναι μια σταθερή τάση μεταξύ 0 και Vcc που ελέγχει τη φωτεινότητα του LED.

Στο παρακάτω γράφημα (βλέπε παραπάνω, στο μέσω του αγγλικού κειμένου), οι πράσινες γραμμές αντιπροσωπεύουν μια κανονική χρονική περίοδο. Αυτή η διάρκεια ή περίοδος είναι το αντίστροφο της συχνότητας PWM. Με άλλα λόγια, με τη συχνότητα PWM του Arduino στα 500 Hz περίπου, οι πράσινες γραμμές θα μετρούσαν 2 χιλιοστά του δευτερολέπτου η καθεμία. Μια κλήση στην `analogWrite()` είναι σε κλίμακα 0 - 255, έτσι ώστε η `analogWrite(255)` να ζητά έναν Κύκλο Εργασίας 100% (συνέχεια ενεργοποιημένο) και το `analogWrite(127)` είναι ένας Κύκλος Εργασίας 50% (ενεργοποιημένο στο μισό χρόνο) για παράδειγμα.

Μόλις ξεκινήσετε αυτό το παράδειγμα, πιάστε το arduino και μετακινήστε το μπρος-πίσω. Αυτό που κάνετε εδώ είναι ουσιαστικά η χαρτογράφηση του χρόνου στον χώρο. Στα μάτια μας, η κίνηση "θολώνει" το αναβοσβήμα του LED σε μια γραμμή. Καθώς το LED κάνει FadeIn και FadeOut, αυτές οι μικρές γραμμές θα μεγαλώσουν και θα συρρικνωθούν σε μήκος. Τώρα βλέπετε το πλάτος του παλμού στο χώρο.