

Ρεύμα στα LED



Κυκλώματα
οδήγησης για
LED υψηλής
ισχύος

Από τον Eberhard Haug

Παρότι το ακρωνύμιο LED που κρατάει από το 1960 προέρχεται από το Αγγλικό light-emitting diode που σημαίνει δίοδος εκπομπής φωτός, μόλις πρόσφατα τα LED άρχισαν να εκπέμπουν ικανοποιητικές ποσότητες φωτός. Τα LED υψηλής ισχύος χρειάζονται ειδικά κυκλώματα, τα οποία τους δίνουν την δυνατότητα να εκπέμπουν φως κάτω από δύσκολες συνθήκες. Στην συνέχεια του άρθρου παρουσιάζουμε μία περίληψη διαφόρων κυκλωμάτων οδήγησης.

Δεν θα βαρεθούμε να το λέμε: τα LED είναι ουσιαστικά συσκευές οδηγούμενες με ρεύμα. Αυτό οφείλεται απλά στο γεγονός ότι παρουσιάζουν μία μη γραμμική καμπύλη ρεύματος-τάσης, με χαρακτηριστική "γωνία" η οποία εξαρτάται από το χρώμα ή την -ανάλογα με την χρησιμοποιούμενη τεχνολογία- τάση ορθής πόλωσης. Για να γίνουν τα πράγματα ακόμη πιο δύσκολα, η "γωνία" ή τάση κατωφλίου εξαρτάται από την θερμοκρασία και αλλάζει από την μία μονάδα στην άλλη. Στο **Σχήμα 1** εικονίζονται οι μετρούμενες χαρακτηριστικές ρεύματος - τάσης τριών λευκών LED υψηλής ισχύος (τα οποία επίσης καλούνται και LED υψηλής φωτεινότητας, ή HB LED) προερχόμενα από διαφορετικούς κατασκευαστές. Οι ίδιες όμως χαρακτηριστικές θα μπορούσαν κάλλιστα να προκύψουν από τον ίδιο ακριβώς τύπο LED, μετρημένο σε τρεις διαφορετικές θερμοκρασίες. Παρότι ακόμη και μία μικρή μεταβολή στην τάση είναι δυνατόν να προκαλέσει μεγάλη αλλαγή στο ρεύμα και κατά συνέπεια στην φωτεινότητα του LED, μία μικρή μεταβολή στο ρεύμα (εντός του κανονικού εύρους λειτουργίας) δεν προκαλεί κάποια σημαντική μεταβολή στην φωτεινότητα του LED.

Γραμμικός οδηγός LED

Αυτό σημαίνει ότι το LED θα πρέπει να τροφοδοτείται από κάποια ισχυρή πηγή ρεύματος. Ο συνδυασμός πηγής τάσης και κάποιων αντιστάσεων εν σειρά που περιορίζουν το ρεύμα που διέρχεται από τα LED στην επιθυμητή ή επιτρεπόμενη τιμή μπορεί να χρησιμοποιηθεί μόνον εφ' όσον η διαθέσιμη τροφοδοσία είναι σχετικά σταθερή, ή εάν τέλος πάντων χρει-

αζόμαστε μία εξαιρετικά φθηνή λύση.

Σε πολλές περιπτώσεις, ένας γραμμικός σταθεροποιητής τάσης με κατάλληλη αντίσταση φόρτου μπορεί να θεωρηθεί ως "καλή" πηγή ρεύματος για LED (οδηγός LED). Στο **Σχήμα 2** έχουμε ένα γραμμικό οδηγό LED για την παροχή ισχύος σε τρία HB (high-brightness) LED με τάση τροφοδοσίας (U_B) ίση με 12 V. Σε αντίθεση με τους τυπικούς γραμμικούς σταθεροποιητές τριών ακροδεκτών όπως είναι το LM317T, το MIC29152 [1] διαθέτει μία επιπρόσθετη είσοδο ενεργοποίησης (Enable) η οποία μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να θέσει τον σταθεροποιητή εντός ή εκτός, ενώ είναι επίσης κατάλληλο για ρύθμιση έντασης μέσω PWM σε μία συχνότητα μερικών εκατοντάδων Hz. Η αντίσταση R2 χρειάζεται μόνον εφ' όσον η επαφή EN οδηγείται από τρανζίστορ ανοικτού συλλέκτη ή επαφή μεταγωγού. Για τον ίδιο σκοπό μπορεί επίσης να εφαρμοστεί σήμα στάθμης TTL ή CMOS, οπότε η αντίσταση R2 είναι δυνατόν να καταργηθεί ή να συνδεθεί με την τροφοδοσία τάσης λογικής στάθμης αντί για το + U_B .

Το ολοκληρωμένο μπορεί εύκολα να παράσχει 350 mA με τρία LED και τάση τροφοδοσίας 12 V, ενώ δεν χρειάζεται ψύκτη. Το ρεύμα στα LED καθορίζεται από τον λόγο των U_1 και R_1 ($I_{LED} = U_1/R_1 = 1,24 \text{ V} / 3,9 \Omega = 318 \text{ mA}$). Εάν θέλουμε το σύνολο των 350 mA, μπορούμε να συνδέσουμε παράλληλα με την R1 και μία αντίσταση 39 Ω (σειρά E12). Οι απώλειες στο γραμμικό κύκλωμα αναλώνονται στην αντίσταση ρεύματος R1 (0,5 W) και τον σταθεροποιητή χαμηλής πτώσης τάσης (low-dropout, LDO). Λόγω της χαμηλής πτώσης τάσης (η ελάχιστη απαιτούμενη τάση μεταξύ εισόδου και εξόδου του

σταθεροποιητή LDO ώστε αυτός να λειτουργεί αξιόπιστα σε ένα συγκεκριμένο ρεύμα), με τάση τροφοδοσίας (+UB) της τάξης των 5 V είναι δυνατόν να λειτουργήσει ακόμη και ένα μόνον HB LED. Με το συγκεκριμένο κύκλωμα μπορούμε να οδηγήσουμε μέχρι και επτά LED σε σειρά, αρκεί η τάση τροφοδοσίας +UB να ανέβει στην μέγιστη επιτρεπτή τιμή των 26 V (ενώ θα πρέπει να αυξηθεί αντίστοιχα και η ονομαστική τάση λειτουργίας των πυκνωτών).

Απόδοση

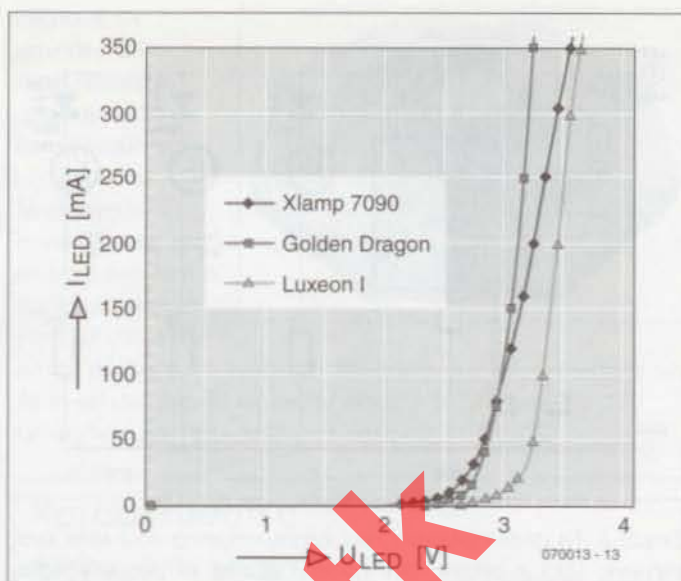
Η βασική προϋπόθεση για να χρησιμοποιήσουμε ένα γραμμικό οδηγό LED, είναι η τάση τροφοδοσίας να είναι μεγαλύτερη από την τάση ορθής πόλωσης των LED. Το γινόμενο της διαφοράς τάσης με το ρεύμα των LED, μας δίνει προσεγγιστικά το μέγεθος της απαγόμενης ισχύος σε ένα γραμμικό οδηγό LED (εξαιρουμένων των απωλειών στο ολοκληρωμένο οδηγό και τα υπόλοιπα εξαρτήματα που συνδέονται παράλληλα, αλλά λαμβάνοντας υπ' όψη την αντίσταση που συνδέεται σε σειρά με τα LED). Μία απλή έκφραση σχετικά με την απόδοση είναι η: $\eta = U_{LED} / U_B$. Αυτό σημαίνει ότι μία σχετικά υψηλή τάση τροφοδοσίας οδηγεί σε χαμηλή απόδοση. Είναι παρόλα αυτά δυνατό να επιτύχουμε απόδοση καλύτερη ακόμη και από ένα σύνθετο κύκλωμα μεταγωγής για οδήγηση LED, εάν η διαφορά τάσης είναι μικρή. Και τέτοιο βέβαια απαιτεί την χρήση κάποιου σταθεροποιητή LDO ο οποίος δεν χρειάζεται μεγάλη διαφορά τάσης για τον έλεγχο του ρεύματος στα LED (η πτώση τάσης είναι συνήθως αρκετά κάτω από το 1 V) και την μικρότερη δυνατή πτώση τάσης (κάπου μεταξύ 0,5 V και 0,1 V) στα άκρα της αντίστασης ρεύματος που συνήθως περιλαμβάνεται σε ένα τέτοιο κύκλωμα. Σαν βασικό κανόνα θα μπορούσαμε να πούμε ότι ένας γραμμικός οδηγός αποτελεί καλή επιλογή όταν η πτώση τάσης στον LDO είναι μικρότερη από το 10%, δεδομένου ότι η απόδοση θα είναι της ίδιας τάξης με αυτή ενός σύνθετου οδηγού LED μεταγωγής, αλλά με αισθητά μικρότερο κόστος, λιγότερο κόπο και πιθανόν καλύτερες χαρακτηριστικές απόδοσης. Ένα άλλο χαρακτηριστικό το οποίο αξίζει να το σκεφθούμε σοβαρά, είναι ότι οι γραμμικοί οδηγό LED δεν παράγουν οποιαδήποτε ηλεκτρομαγνητική παρεμβολή (εφ' όσον βέβαια δεν χρησιμοποιούν σήματα PWM)

Ελεγκτής LED

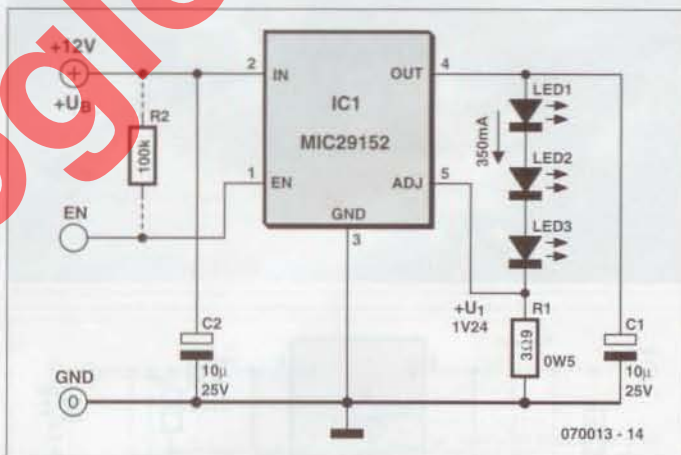
Το κύκλωμα που εικονίζεται στο Σχήμα 3 είναι παρόμοιο με αυτό του Σχήματος 2. Το MIC5190 αποτελεί ένα ελεγκτή LDO ο οποίος δεν παρέχει απευθείας το ρεύμα εξόδου, αλλά αντ' αυτού οδηγεί το LED μέσω ενός MOSFET ισχύος (T1). Με τον τρόπο αυτό καθίσταται ελεγκτής LED. Αυτό από την άλλη σημαίνει ότι το ρεύμα μπορεί να έχει οποιαδήποτε σχεδόν επιθυμητή τιμή, με μία πτώση τάσης στα άκρα του MOSFET η οποία είναι δυνατόν να περιοριστεί σε επίσης οποιαδήποτε σχεδόν επιθυμητή τιμή. Την ίδια στιγμή το HB LED μπορεί να συνδεθεί στην θετική γραμμή τροφοδοσίας, το οποίο σημαίνει ότι μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε RGB (Κόκκινο, Πράσινο, Μπλε) LED με κοινή άνοδο.

Μία άλλη διαφορά είναι ότι εδώ το LED συνδέεται στην εκροή του MOSFET. Έτσι εξασφαλίζεται επαρκής τάση πύλης-πηγής για το τύπου N MOSFET. Στο συγκεκριμένο κύκλωμα η τάση ανίχνευσης του ρεύματος στο LED είναι μόλις 0,5 V, οπότε το ρεύμα στο LED δίνεται από την σχέση $I_{LED1} = 0,5 V / R1$. Ανάλογα με το ρεύμα στο LED, το MOSFET ενδέχεται να χρειαστεί και κάποιο ψύκτη.

Στο παράδειγμα αυτό φαίνεται επίσης και το πως μπορούμε να υλοποιήσουμε και ένα οδηγό LED τριών καναλιών (για



Σχήμα 1. Οι χαρακτηριστικές ρεύματος προς τάση μερικών LED υψηλής ισχύος προερχομένων από διαφορετικούς κατασκευαστές. Παρότι ακόμη και μία μικρή μεταβολή στην τάση προκαλεί μεγάλη μεταβολή στο ρεύμα του LED και κατά συνέπεια στην φωτεινότητα του LED, μία μικρή μεταβολή στο ρεύμα δεν έχει καμία σχεδόν επίδραση.



Σχήμα 2. Ένας γραμμικός οδηγός LED για την τροφοδοσία τριών LED υψηλής ισχύος από τάση 12 V (συνολική τάση ορθής πόλωσης 10,5 V). Η εισοδος Enable μπορεί να χρησιμοποιηθεί για ρύθμιση έντασης μέσω PWM.

παράδειγμα, για ένα RGB LED υψηλής ισχύος). Το κύκλωμα οδήγησης χρησιμοποιεί για το δεύτερο και τρίτο κανάλι δύο επί πλέον ελεγκτές LDO, οι οποίοι για λόγους απλότητας δεν εικονίζονται. Τα ρεύματα στα LED είναι δυνατόν να οριστούν ξεχωριστά μέσω των R1, R2 και R3, οι οποίες είναι δυνατόν να συνδυαστούν με ένα RGB LED για να επιτύχουμε την καλύτερη δυνατή ισορροπία λευκού.

Ο έλεγχος φωτεινότητας μέσω PWM (ή η ρύθμιση χρωμάτων στην περίπτωση RGB LED) είναι επίσης εφικτός με την βοήθεια των εισόδων Enable. Και εδώ η αντίσταση R5 είναι δυνατόν να καταργηθεί εφ' όσον η EN1 οδηγείται από κάποιο σήμα λογικής στάθμης. Ο συγκεκριμένος ελεγκτής LED δεν χρειάζεται πυκνωτές στο κύκλωμα εξόδου, οπότε χάρη στον μικρό χρόνο απόκρισης είναι δυνατό να χρησιμοποιηθούν σχετικά υψηλές συχνότητες ρύθμισης έντασης PWM.

θα χρειαστούμε ένα χωριστό τροφοδοτικό για την VCC2 (δείτε το φυλλάδιο δεδομένων του MIC5190 [2]).

Οδηγός LED μεταγωγής (switch-mode)

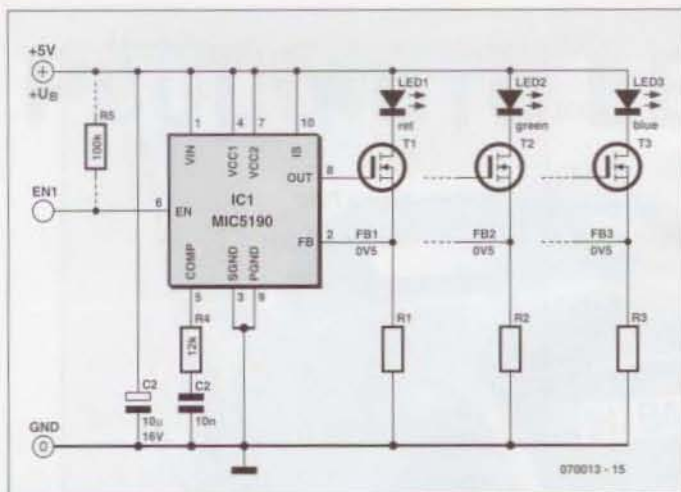
Υπάρχουν δύο περιπτώσεις στις οποίες η χρήση οδηγού LED μεταγωγής καθίσταται επιβεβλημένη. Η πρώτη είναι όταν έχουμε μεγάλη διαφορά δυναμικού μεταξύ της τάσης τροφοδοσίας και της τάσης ορθής πόλωσης όλων των LED, μαζί με υψηλό ρεύμα στα LED. Η δεύτερη περίπτωση είναι όταν η συνολική τάση ορθής πόλωσης των LED είναι μεγαλύτερη από την διαθέσιμη τάση τροφοδοσίας. Στην πρώτη περίπτωση έχουμε να κάνουμε με ένα οδηγό LED "υποβιβασμού" (stepdown), ενώ στην δεύτερη με ένα οδηγό LED "ανύψωσης τάσης" (stepup) (ακούγεται λογικό). Υπάρχουν βέβαια και πολύ πιο σύνθετες λύσεις. Σε αντίθεση με τον μετατροπέα τάσης τύπου υποβάθμισης, ο οδηγός LED υποβάθμισης αντί για πηγή τάσης τύπου μεταγωγής είναι μία πηγή ρεύματος τύπου μεταγωγής. Με τον ίδιο τρόπο που ένας γραμμικός σταθεροποιητής τάσης μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να πάρουμε ένα γραμμικό οδηγό LED, μία πηγή τάσης τύπου μεταγωγής μπορεί να μετατραπεί σχετικά εύκολα σε μία πηγή ρεύματος μέσω μίας αισθητήριας αντίστασης ρεύματος (R_S) σε συνδυασμό με την τάση αναφοράς UREF (τυπική τιμή 1,2 V), για να παράγει το επιθυμητό ρεύμα για τα LED. Το ρεύμα που διέρχεται από τα LED δίνεται από την σχέση

$$I_{LED} = U_{REF} / R_S$$

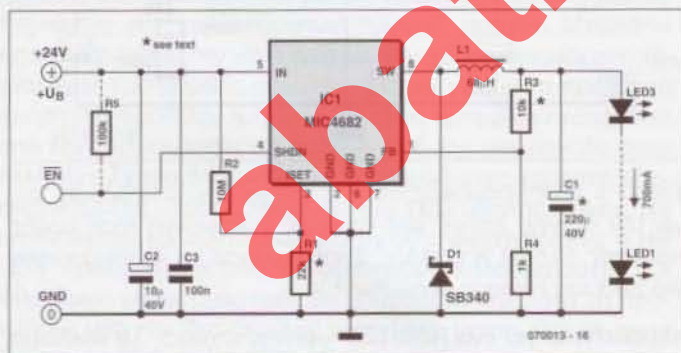
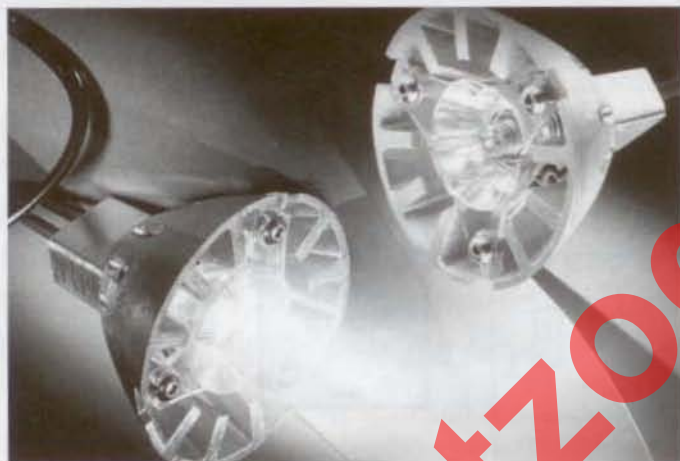
Το μειονέκτημα της συγκεκριμένης προσέγγισης είναι η σχετικά υψηλή τάση αναφοράς, η οποία υποβαθμίζει την συνολική απόδοση, παρά την χρήση πηγής ρεύματος τύπου μεταγωγής. Το πρόβλημα αυτό μπορεί να διορθωθεί ενισχύοντας μία σημαντικά χαμηλότερη τάση ανίχνευσης ρεύματος στην στάθμη της διαθέσιμης τάσης αναφοράς, ή ξεκινώντας απ' αρχής με μία χαμηλή τάση αναφοράς. Όσο στην αγορά εμφανίζονται περισσότεροι μετατροπείς τάσης για στάθμες εξόδου χαμηλότερες από 1 V, τόσο διευκολύνεται η εύρεση του κατάλληλου υποψήφιου μεταξύ των σύγχρονων ολοκληρωμένων. Ο εξαιρετικά απλός και μικροσκοπικός οδηγός HB LED MIC4628 (Σχήμα 4) είναι σε θέση να τροφοδοτήσει μέχρι 3 HB LED σε σειρά, με μία τάση τροφοδοσίας της τάξης των 24 V (τυπική τιμή για βιομηχανικά συστήματα). Η είσοδος ενεργοποίησης (Enable) μπορεί να οδηγηθεί από ένα σήμα 24 V ή εάν είναι απαραίτητο από μία επαφή, αλλά είναι επίσης δυνατόν να οδηγηθεί από κάποιο σήμα σε λογική στάθμη. Στην περίπτωση αυτή η R5 μπορεί να καταργηθεί ή να συνδεθεί με την τάση τροφοδοσίας λογικής στάθμης αντί με την +UB.

Η τιμή του C1 θα πρέπει να επιλεγεί ανάλογα με το εάν πρόκειται να χρησιμοποιηθεί ρύθμιση έντασης μέσω PWM ή όχι. Η προτεινόμενη τιμή των 220 μF μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την ελάχιστη δυνατή κυμάτωση ρεύματος LED, εφ' όσον δεν χρειάζεται ρύθμιση. Εάν απαιτείται η χρήση ρύθμισης μέσω PWM, επιλέγουμε για τον C1 μία τιμή γύρω στα 10 μF (τανταλίου ή αλουμινίου), έτσι ώστε να εκφορτίζεται συντομότερα. Παρά την μικρότερη τιμή του C1 το κύκλωμα παραμένει σταθερό, ενώ η κυμάτωση του ρεύματος (μετρούμενη με ρυθμό ελέγχου PWM 100 %), είναι κάπως μεγαλύτερη.

Με τις αναφερόμενες τιμές εξαρτημάτων ο διαίρετης τάσης στην έξοδο (R3/R4) περιορίζει την τάση εξόδου στα περίπου 14 V, όταν η σειρά των LED είναι ανοικτή (προσοχή κατά την σύνδεση των LED όταν το κύκλωμα είναι ήδη ενεργοποιημένο!). Η R1 ορίζει το ρεύμα των LED και η τιμή της λαμβάνεται από το διάγραμμα στο φυλλάδιο δεδομένων του MIC5682 [3]. Μία τιμή 22 kΩ για την R1 δίνει ένα ρεύμα περίπου 700 mA για τα LED.



Σχήμα 3. Το ολοκληρωμένο που χρησιμοποιείται εδώ είναι ένας ελεγκτής LDO ο οποίος δεν παρέχει άμεσα το ρεύμα εξόδου, αλλά οδηγεί τα LED μέσω MOSFET.



Σχήμα 4. Ο απλός αυτός οδηγός LED τύπου υποβιβασμού τάσης είναι δυνατόν να τροφοδοτήσει μέχρι τρία LED υψηλής ισχύος συνδεδεμένα σε σειρά, όταν η τάση τροφοδοσίας είναι 24 V.

Το κύκλωμα που εικονίζεται στο Σχήμα 3 μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε ένα σύστημα 5 V για την τροφοδοσία ενός LED ανά κανάλι. Εάν θέλουμε να συνδέσουμε περισσότερα από ένα LED σε σειρά (περίπτωση στην οποία φυσικά δεν είναι πλέον δυνατόν να χρησιμοποιήσουμε RGB LED κοινού τρόπου τροφοδοσίας), μπορούμε απλά να αυξήσουμε την τάση τροφοδοσίας σε μία κατάλληλη στάθμη και να συνδέσουμε την θετικότερη άνοδο στην γραμμή τροφοδοσίας. Εάν δεν διαθέτουμε MOSFET κατάλληλα για οδήγηση από λογικές στάθμες,

Ένα κριτήριο για την σωστή επιλογή ενός οδηγού LED τύπου μεταγωγής, είναι η συχνότητα μεταγωγής (οι διαθέσιμες τιμές κυμαίνονται από μερικές δεκάδες Hz έως αρκετά MHz). Η τιμή αυτή καθορίζει δραστικά το μέγεθος του πηνίου, ενώ επιδρά αρνητικά στην στάθμη κυμάτωσης του ρεύματος των LED. Οι δυναμικές παρ' όλα αυτά απώλειες είναι δυνατόν να αυξηθούν δραματικά στις υψηλές συχνότητες ανάλογα με την σχεδίαση, μειώνοντας με τον τρόπο αυτό την τελική απόδοση.

LED στο δίκτυο των 220 V

Μία ακραία περίπτωση οδήγησης LED μέσω οδηγού υποβιβασμού, είναι αυτή της τροφοδοσίας των LED απ' ευθείας από το δίκτυο των 220 V. Το ζητούμενο εδώ είναι ένα σχετικά υψηλό ρεύμα LED με συνήθως χαμηλή τάση, από μία πολύ υψηλή και έντονα κυμαινόμενη τάση. Η βασική πρόκληση στην συγκεκριμένη περίπτωση είναι ο εξαιρετικά χαμηλός κύκλος παλμού προς περίοδο της PWM, ο οποίος προκύπτει από τον λόγο της τάσης ορθής πόλωσης των LED προς την πραγματική τάση τροφοδοσίας (συνήθως είναι η ανορθωμένη τάση δικτύου).

Με ένα μόνον LED και τάση δικτύου στα 230 V συν ένα 15 % περιθώριο υπέρτασης, ο χειρότερος κύκλος είναι περίπου 1 %. Το πλήθος των ολοκληρωμένων που είναι σε θέση να ανταποκριθούν σε τέτοιες απαιτήσεις είναι μάλλον περιορισμένο. Ένα παράδειγμα πιθανής υλοποίησης ενός οδηγού LED μέσω μετατροπέα υποβιβασμού τροφοδοτούμενου από το δίκτυο έχει ήδη δημοσιευθεί στο περιοδικό *Ελεktor* με τον τίτλο "Το ολοκληρωμένο HV9901" [4].

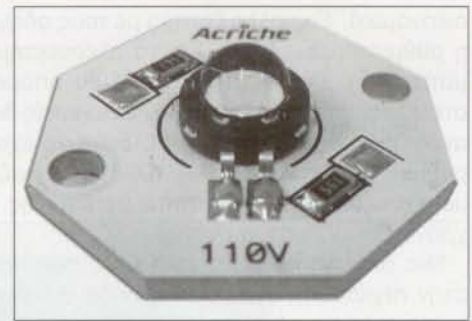
Μία εντελώς νέα προσέγγιση είναι αυτή των LED τα οποία είναι σε θέση να λειτουργήσουν απ' ευθείας από το δίκτυο, χωρίς να απαιτείται η ενδιάμεση παρουσία οδηγού LED, όπως το LED Acriche που παρουσίασε η εταιρεία Seoul Semiconductor στην έκθεση *Electronica 2006*. Στο ίδιο τομέα δραστηριοποιούνται και άλλες εταιρείες, όπως για παράδειγμα η Lynk Labs.

Οδηγός LED τύπου ανύψωσης τάσης

Το άλλο άκρο στο εύρος των τάσεων τροφοδοσίας βρίσκεται στις πολύ χαμηλές τάσεις, οι οποίες συνήθως παρέχονται από μπαταρίες. Ένας οδηγός λοιπόν ανύψωσης (ο οποίος συχνά καλείται και ρυθμιστής ενίσχυσης) είναι απαραίτητος και θα τον συναντήσουμε σε τέτοιες περιπτώσεις. Το πλήθος των LED που οδηγούνται μεταβάλλεται και μπορεί να φθάσει μέχρι τα 10 σε σειρά, το οποίο μας δίνει μία τάση ορθής πόλωσης της τάξης των 30 V. Ένας οδηγός ανύψωσης για LED της κατηγορίας αυτής που χρησιμοποιεί ένα ελεγκτή ενίσχυσης MIC2196 [5] μαζί με ένα MOSFET τύπου N, μπορεί εύκολα να οδηγήσει ένα 6-πλό LED της Ostar, με ονομαστική ισχύ 24 W. Εδώ δεν θα πρέπει να λησμονούμε ότι στην συγκεκριμένη τοπολογία ενίσχυσης, η τάση εισόδου θα πρέπει να είναι χαμηλότερη από την τάση ορθής πόλωσης των LED. Το συγκεκριμένο -ευέλικτο- κύκλωμα περιγράφεται με λεπτομέρεια στην τεκμηρίωση που συνοδεύει μία πλακέτα ανάπτυξης της Micrel [6].

Στην περίπτωση αυτή η πρόκληση στον σχεδιαστή δεν αφορά τόσο πολύ τον λόγο των τάσεων, όσο το ποσό της ισχύος που θα πρέπει να παρασχεθεί στα LED, δεδομένου ότι ειδικά με την χαμηλή τάσης μίας μπαταρίας τα απαιτούμενα ρεύματα αιχμής στον διακόπτη MOSFET και το πηνίο του μετατροπέα μπορεί να είναι ιδιαίτερα υψηλά. Για τον λόγο αυτό οι μετατροπείς αυτοί απαιτούν την παρουσία μίας ελάχιστης τάσης τροφοδοσίας της τάξης των 2 V, ώστε να είναι σε θέση να αποδίδουν ικανοποιητικά με δύο σχετικά εκφορτισμένες μπαταρίες. Παρότι η κατασκευή οδηγών LED τύπου ανύψω-

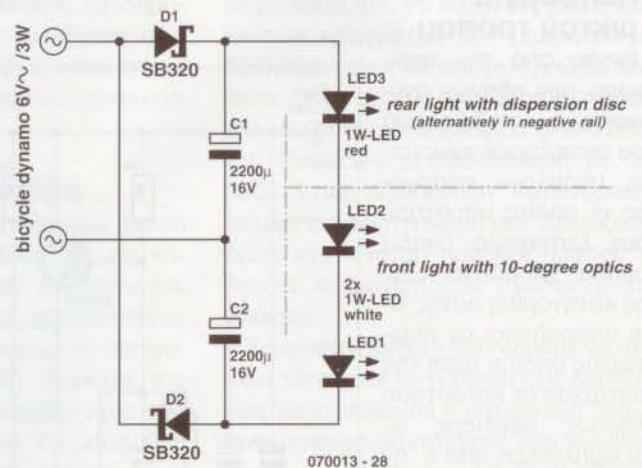
Σχήμα 5. Οι μονάδες LED τύπου Acriche από την Seoul Semiconductor μπορούν να λειτουργήσουν συνδεδεμένες απ' ευθείας στο δίκτυο χωρίς μετασχηματιστή. Ο κατασκευαστής σχεδιάζει να ενισχύσει την παραγόμενη φωτεινότητα των 48 lumen/W στα 80 lumen/W εντός του 2007 και στα 120 lumen/W εντός του 2008.



Κατασκευαστές

Κατασκευαστές για οδηγούς LED (λίστεα όχι απαραίτητα επαρκής)

www.allegromicro.com	www.monolithicpower.com
www.analog.com	www.national.com
www.austriamicrosystems.com	www.nxp.com
www.catsemi.com/	www.onsemi.com
www.fairchildsemi.com	www.ricoh.com/LSI/
www.infineon.com	www.rohm.com
www.intersil.com	www.semtech.com
www.ixys.com	www.sipex.com
www.linear.com	www.st.com
www.maxim-ic.com	www.supertex.com
www.melexis.com	www.ti.com
www.micrel.com	www.zetex.com
www.microchip.com	



Η διαρρυθμιστική επέλαση των LED υψηλής ισχύος είναι αναπόφευκτη. Αυτή είναι η πρόταση του υπογραφόμενου για ένα φωτιστικό σώμα ποδηλάτου τροφοδοτούμενο από δυναμό [7].

σης για LED υψηλής ισχύος που είναι σε θέση να λειτουργήσουν με μία μόνον κυψέλη (ονομαστική τάση 1,2 – 1,5 V) είναι τεχνολογικά εφικτή, η μαζική παραγωγή τους δεν συμφέρει

οικονομικά. Ένα άλλο ζήτημα με τους οδηγούς ανύψωση είναι η ρύθμιση μέσω PWM. Για τα πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα της ρύθμισης μέσω PWM θα μπορούσαν να γραφούν ατελείωτες σελίδες κειμένου, αλλά εμείς θα περιοριστούμε να αναφέρουμε απλά ότι εάν θέλουμε να έχουμε μεγάλο εύρος ρύθμισης (ει δυνατόν 0 - 100 %), χρειαζόμαστε ένα οδηγό με σχετικά υψηλή συχνότητα μεταγωγής και μικρή σταθερά χρόνου στον βρόγχο ελέγχου.

Μία από τις κρίσιμες συνθήκες που πρέπει να ελεγχθούν στην περίπτωση ενός μετατροπέα ανύψωσης τάσης, είναι η λειτουργία σε κύκλωμα ανοικτού φόρτου. Ένα καμένο LED οδηγεί κατά κανόνα σε ένα ανοικτό κύκλωμα, και σπανιότερα σε βραχυκύκλωμα. Για την προστασία από ανοικτό κύκλωμα υπάρχουν διάφορες τεχνικές, η απλούστερη από τις οποίες είναι η χρήση μίας διόδου ζένερ με τάση μεγαλύτερη από την μέγιστη τάση ορθής πόλωσης των LED. Το μειονέκτημα της λύσης αυτής είναι ότι η διόδος ζένερ θα πρέπει στην περίπτωση ανοικτού κυκλώματος να άγει όλο το ρεύμα. Η προκύπτουσα απαγόμενη ισχύς ($U_z \times I_{LED}$) είναι πάντοτε μεγαλύτερη από την συνολική απαγόμενη από τα LED ισχύ. Μία αρκετά πιο κομψή λύση είναι η χρήση περιοριστή τάσης όπως και στον σταθεροποιητή τάσης, αλλά στην περίπτωση αυτή χρειαζόμαστε συνήθως ένα ακόμη ακροδέκτη εισόδου στο ολοκληρωμένο.

Εναλλακτικά μπορούμε να συνδέσουμε την διόδο ζένερ απευθείας στην είσοδο ανάδρασης ρεύματος. Η τάση του αισθητήρα ρεύματος μπορεί να παρασχεθεί μέσω μίας αντίστασης η οποία σε κανονικές συνθήκες δεν φέρει καθόλου ρεύμα. Στην περίπτωση αυτή η κατάσταση υπέρβασης της οριακής τιμής στον βρόγχο ελέγχου είναι δυνατόν να προσομοιωθεί όταν η αλυσίδα των LED είναι ανοικτή. Με τον τρόπο αυτό αποφεύγουμε την ανώφελη ανάληψη ισχύος εξόδου στην περίπτωση συνθηκών ανοικτού κυκλώματος και αποτρέπουμε την ανάγκη του επιπρόσθετου ακροδέκτη. Οι μέθοδοι αυτοί περιλαμβάνονται στο κύκλωμα του Σχήματος 6, το οποίο είναι ένας οδηγός LED τύπου αναβάθμισης βασιζόμενος σε ένα MIC2196.

Λειτουργία μικτού τρόπου

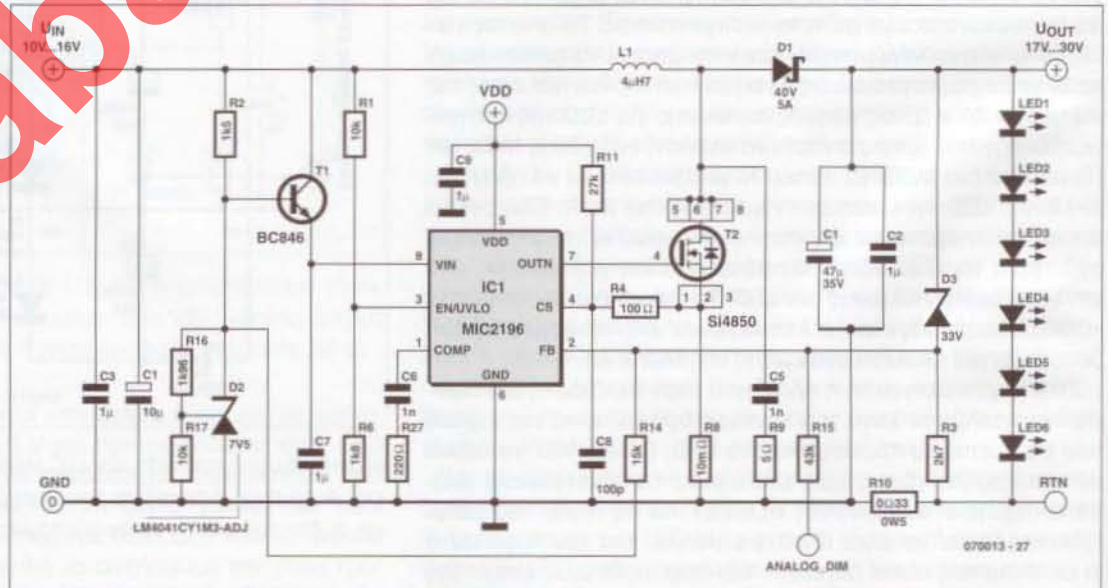
Εκτός από την περίπτωση των οδηγών ανύψωσης ή υποβίβασης που αναφέραμε ενωρίτερα, υπάρχουν εφαρμογές οι οποίες υποστηρίζουν λειτουργία μικτού τρόπου. Οι οδηγοί LED της κατηγορίας αυτής είναι απαραίτητοι σε περιπτώσεις όπου η τάση της μπαταρίας σε κατάσταση πλήρους φόρτισης είναι υψηλότερη από την τάση ορθής πόλωσης των LED, αλλά στην συνέχεια και μετά από κάποιο διάστημα λειτουργίας πέφτει χαμηλότερα από την τάση ορθής πόλωσης των LED. Οι οδηγοί LED της κατηγορίας αυτής βασίζονται συνήθως σε το-

πολογίες Sepic, CUK, buck/boost, ή ανάστροφου buck/boost. Οι συγκεκριμένες τοπολογίες οδηγών LED χρησιμοποιούνται επίσης όταν έχουμε σταθερή τάση τροφοδοσίας (όπως για παράδειγμα στο αυτοκίνητο) αλλά μεταβάλλεται το πλήθος των LED. Στις περιπτώσεις αυτές η λύση ανύψωσης/υποβίβασης μπορεί να χρησιμοποιηθεί σαν ένας "γενικής χρήσης" ευέλικτος αλλά σύνθετος οδηγός LED. Ένας άλλος τύπος κυκλώματος ανύψωσης είναι ο οδηγός LED τύπου "αντλίας φορτίου", ο οποίος αντί για τα πηνία που χρησιμοποιούν οι οδηγοί μεταγωγής που περιγράψαμε ενωρίτερα χρησιμοποιεί πυκνωτές. Με απλά λόγια, μία αντλία φορτίου χρησιμοποιεί διακόπτες MOSFET οι οποίοι μεταγόνται με τέτοιο τρόπο ώστε να δημιουργούν την επιθυμητή τάση εξόδου μέσω συσσώρευσης των φορτίων που αποθηκεύονται στους πυκνωτές. Το βασικό μειονέκτημα των συγκεκριμένων κυκλωμάτων, είναι ότι κατά κανόνα έχουμε την δυνατότητα να πάρουμε στην έξοδο μόνον πολλαπλάσια της τάσης εισόδου. Στις περισσότερες περιπτώσεις η τάση ορθής πόλωσης των LED δεν είναι ακριβώς πολλαπλάσια της τάσης εισόδου, οπότε μία αντλία φορτίου ακολουθείται κατά κανόνα από ένα γραμμικό οδηγό LED ο οποίος ρυθμίζει το ρεύμα. Αυτό σημαίνει ότι η απόδοση εξαρτάται έμμεσα από την τάση εισόδου, αλλά εάν η τάση ορθής πόλωσης των LED είναι ακριβώς κάτω από ένα ακέραιο πολλαπλάσιο της τάσης εισόδου, τότε είμαστε μια χαρά. Οι σύγχρονοι οδηγοί LED τύπου αντλίας φορτίου είναι σε θέση να ρυθμίσουν αυτόματα ακόμη και τον συντελεστή πολλαπλασιασμού, γεγονός το οποίο φαίνεται και από τις κλιμακωτές χαρακτηριστικές καμπύλες απόδοσης.

(070013-1)

Συνδέσμοι στο διαδίκτυο

- [1] www.micrel.com/_PDF/mic29150.pdf
- [2] www.micrel.com/_PDF/mic5190.pdf
- [3] www.micrel.com/_PDF/mic4682.pdf
- [4] Περιοδικό *Ελεktor* Φεβρουάριος 2004
- [5] www.micrel.com/_PDF/mic2196.pdf
- [6] www.micrel.com/_PDF/Eval-Board/mic2196_led_eb.pdf
- [7] www.led-treiber.de



Σχήμα 6. Κυκλωματικό διάγραμμα ενός οδηγού LED ανύψωσης τάσης. Η διόδος ζένερ D3 παρέχει προστασία ανοικτού κυκλώματος (βείτε το κείμενο).