



**ΤΕΙ ΚΡΗΤΗΣ**

**ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΧΑΝΙΩΝ**

**ΤΜΗΜΑ ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΗΣ**

**ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ**

**ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΚΑΙ ΥΛΟΠΟΙΗΣΗ ΟΠΤΙΚΗΣ ΠΗΓΗΣ LED**

**ΤΖΑΓΚΑΡΑΚΗΣ ΓΕΩΡΓΙΟΣ, Α.Μ. : 4277**

## ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

**1. Τι είναι οπτική πηγή**

**2. Κατηγορίες LED**

**3. Πλεονεκτήματα των LEDs**

**4. Μειονεκτήματα των LEDs**

**5. Κύκλωμα**

**6. Παράρτημα**

## 1. ΤΙ ΕΙΝΑΙ ΟΠΤΙΚΗ ΠΗΓΗ

Η οπτική πηγή είναι ένας ηλεκτρονικός μετατροπέας ο οποίος μετατρέπει την ηλεκτρική ενέργεια σε οπτική. Με αυτόν τον τρόπο ένα οπτικό σήμα μπορεί να διαδοθεί διαμέσου μιας οπτικής ίνας αφού πρώτα γίνει οπτικό σήμα. Η οπτική πηγή που χρησιμοποιώ στην κατασκευή είναι LED.

**Δίοδος Εκπομπής Φωτός, (LED, Light Emitting Diode)**, αποκαλείται ένας ημιαγωγός ο οποίος εκπέμπει φωτεινή ακτινοβολία στενού φάσματος όταν του παρέχεται μία ηλεκτρική τάση κατά τη φορά ορθής πόλωσης (forward-biased).

Το χρώμα του φωτός που εκπέμπεται εξαρτάται από την χημική σύσταση του ημιαγωγίμου υλικού που χρησιμοποιείται, και μπορεί να είναι υπεριώδες, ορατό ή υπέρυθρο. Το μήκος κύματος του φωτός που εκπέμπεται, και, κατά συνέπεια, το χρώμα του, εξαρτάται από το χάσμα ενέργειας των υλικών, τα οποία χρησιμοποιούνται για την δημιουργία του περάσματος p-n, όπου:

p = Υλικό νοθευμένο με αποδέκτες.

n = Υλικό νοθευμένο με δότες.

Η βασική αρχή των LED είναι μια επαφή p-n η οποία πολώνεται ορθά για να εγγείη ηλεκτρόνια και οπές μέσα στις p- και n- πλευρές αντίστοιχα. Το εγγεόμενο φορτίο μειωνότητας επανασυνδέεται με το φορτίο πλειονότητας στην περιοχή απογύμνωσης ή στην ουδέτερη περιοχή. Σε ημιαγωγούς άμεσου διάκενου η επανασύνδεση οδηγεί σε εκπομπή φωτός αφού η ακτινοβόλα επανασύνδεσης κυριαρχεί σε υλικά υψηλής ποιότητας. Σε υλικά έμμεσου χάσματος, η απόδοση εκπομπής φωτός είναι αρκετά φτωχή και οι περισσότερες από τις διαδρομές επανασύνδεσης είναι μη ακτινοβόλες με παραγωγή θερμότητας μάλλον παρά φωτός.

Μια δίοδος εκπομπής φωτός (light emitting diode,LED) είναι στην ουσία μια ένωση pn που έχει κατασκευαστεί από ένα ημιαγωγό άμεσου ενεργειακού χάσματος, όπως για παράδειγμα το GaAs, και στην οποία η επανασύνδεση των ζευγών ηλεκτρονίων – οπών (ZHO) έχει ως αποτέλεσμα την εκπομπή φωτονίων. Η ενέργεια των εκπεμπόμενων φωτονίων,  $h\nu$ , ισούται κατά προσέγγιση με το ενεργειακό χάσμα  $E_g$

$$E_g = E_{\text{φωτονίου}} = h \cdot \nu$$

Η δομή ενός LED πρέπει να είναι τέτοια ώστε τα εκπεμπόμενα φωτόνια να μπορούν να απομακρύνονται από την διάταξη χωρίς να επαναπορροφώνται από το ημιαγωγίμο υλικό. Αυτό σημαίνει ότι η p-περιοχή πρέπει να είναι επαρκώς ρηχή, ή διαφορετικά πρέπει να χρησιμοποιήσουμε διατάξεις ετεροδομών.

Μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε πολλά ημιαγωγίμα υλικά άμεσου ενεργειακού διακενου, τα οποία μπορούν εύκολα να νοθευτούν και να χρησιμοποιηθούν για την κατασκευή εμπορικών LED που εκπέμπουν ακτινοβολία στην ερυθρή και την υπέρυθη περιοχή μηκών κύματος του φάσματος. Μια σημαντική κατηγορία εμπορικών ημιαγωγίμων υλικών, που εκπέμπουν ακτινοβολία στην ορατή περιοχή είναι τα τριαδικά κράματα III-V.

Η εξωτερική απόδοση  $\eta_{\text{εξ}}$  ενός LED είναι ένα μέτρο της απόδοσης της μετατροπής της ηλεκτρικής ενέργειας σε εκπεμπόμενη εξωτερικά φωτεινή ενέργεια. Στο μέγεθος αυτό συνυπολογίζεται η εσωτερική απόδοση της ακτινοβολούσας διαδικασίας επανασύνδεσης και η επακόλουθη απόδοση της εξόδου των φωτονίων από την διάταξη. Η ηλεκτρική ενέργεια στην είσοδο ενός LED ισούται απλά με το γινόμενο του

ρεύματος επί την τάση της διόδου ( $I \times V$ ). Αν η φωτεινή ισχύς που εκπέμπεται από την διάταξη είναι  $P_{out}$ , τότε

$$\eta_{εξ} = P_{εξ}(\text{οπτική}) \times 100\% / I \cdot V$$

Για τους ημιαγωγούς εμμέσου ενεργειακού διακένου, η τιμή της απόδοσης είναι μικρότερη από 1%, ενώ για τους ημιαγωγούς αμέσου ενεργειακού διακένου με την ορθή δομή διάταξης, η  $\eta_{εξ}$  μπορεί να είναι αρκετά μεγάλη.

## **2. Κατηγορίες LED**

### **2.1 LED Ετεροεπαφής Υψηλής Εντάσεως**

Μια ένωση p-n ανάμεσα σε δύο ημιαγωγούς με διαφορετική νόθευση, οι οποίοι όμως αποτελούνται από το ίδιο υλικό, έχουν δηλαδή το ίδιο ενεργειακό διάκενο  $g E$ , ονομάζεται ομοεπαφή. Μια ένωση ανάμεσα σε δύο ημιαγωγούς με το ίδιο ενεργειακό διάκενο ονομάζεται ετεροεπαφή. Μια ημιαγωγίμη δομή διάταξης η οποία περιλαμβάνει ενώσεις ανάμεσα σε υλικά με διαφορετικό ενεργειακό διάκενο ονομάζεται διάταξη ετεροδομής.

Αν η LED κατασκευάζεται από ένα απλό ημιαγωγό, υπάρχει ένας αριθμός προβλημάτων που μειώνει την απόδοση της συσκευής. Ένα σημαντικό πρόβλημα είναι ότι σε μία LED ομοιοδομής (μια συσκευή βασισμένη σε ένα απλό ημιαγωγό), ο όγκος εκπομπής φωτονίων πρέπει να είναι κοντά στην επιφάνεια ώστε τα εκπεμπόμενα φωτόνια να μην απορροφώνται ξανά. Αφού κοντά στην επιφάνεια η ποιότητα του ημιαγωγού δεν είναι συνήθως πολύ καλή λόγω της παρουσίας καταστάσεων ατελειών, αυτό προκαλεί μεγάλο αριθμό μη ακτινοβόλων επανασυνδέσεων με την βοήθεια επιφανειακών καταστάσεων. Ένα ακόμα πρόβλημα είναι το ότι τα ηλεκτρόνια που εγχέονται από την πλευρά στην p-περιοχή μπορούν να διαχυθούν σε μεγάλες αποστάσεις πριν επανασυνδεθούν με οπές. Έτσι ο ενεργός όγκος από τον οποίο εξέρχονται τα φωτόνια είναι πολύ μεγάλος. Η ετεροδομή LED λύνει αυτά τα προβλήματα εγχέοντας φορτίο από ένα υλικό μεγαλύτερου ενεργειακού διακένου σε μια περιοχή στενού διακένου.

Οι διατάξεις LED που έχουν στόχο την αύξηση της έντασης του φωτός στην έξοδο κάνουν χρήση της διπλής ετεροδομής.

Οι LEDs ετεροδομών κατασκευάζονται με επιταξιακές διαδικασίες και η ενεργός περιοχή κρατείται στα 0.1-0.2  $\mu\text{m}$ . Τα υλικά που συνήθως χρησιμοποιούνται είναι GaAs/AlGaAs το οποίο αναπτύσσεται σε GaAs και InGaAs/InGaAsP που αναπτύσσεται σε στρώματα InP.

### **2.2 LED Εκπομπής Άκρου**

Ένα σημαντικό στοιχείο στην οπτική επικοινωνία είναι η απόδοση με την οποία το φως που εκπέμπεται από μια LED συζεύγνυται σε μια οπτική ίνα. Για να πραγματοποιηθεί μια ικανοποιητική σύζευξη χρειάζεται κανείς μια ισχυρά ευθυγραμμισμένη δέσμη. Η τεχνολογία ετεροδομών χρησιμοποιείται για να κατασκευαστεί η LED εκπομπής άκρου (edge emitting LED) Ένα σημαντικό στοιχείο της LED εκπομπής άκρου είναι τα στρώματα μανδύα μεγάλου ενεργειακού χάσματος τα οποία περιορίζουν όχι μόνο τα ηλεκτρόνια και τις οπές στο ενεργό στρώμα, αλλά επίσης αναγκάζουν τα εκπεμπόμενα φωτόνια να κινηθούν κατά μήκος του άξονα της LED και να εξέρχονται από το άκρο της συσκευής.

## **2.3 LED Εκπομπής Επιφάνειας**

Μια σημαντική κατηγορία των LEDs είναι η LED εκπομπής επιφάνειας (surface emitting LED) η οποία πραγματοποιήθηκε για πρώτη φορά από τους Burrus και Dawson το 1970. Μια οπτική ίνα συζεύγνυται στο άκρο της LED με απόξεση της LED, προσαρμόζοντας την ίνα με εποξική ρητίνη. Η ίδια η LED είναι μια LED ετεροδομής με μία λεπτή ενεργό περιοχή χαμηλού ενεργειακού χάσματος η οποία περιβάλλεται από περιοχές μεγάλου ενεργειακού χάσματος.

Τα φωτόνια που εκπέμπονται συζεύγνυται απ' ευθείας στην οπτική ίνα. Σε διάφορες δομές ένας μικροφακός τοποθετείται στη LED για να βελτιώσει την απόδοση σύζευξης.

## **3. Πλεονεκτήματα των LEDs**

- **ΑΠΟΔΟΣΗ:** Τα LED παράγουν περισσότερο φως ανά watt συγκριτικά με της λάμπες πυράκτωσης.
- **ΧΡΩΜΑ:** Τα LED εκπέμπουν φως συγκεκριμένου χρώματος χωρίς την χρήση φίλτρων που απαιτούν οι παραδοσιακοί μέθοδοι φωτισμού. Είναι πιο αποδοτικά και χαμηλώνουν το αρχικό κόστος.
- **ΜΕΓΕΘΟΣ:** Τα LED είναι πολύ μικρά (μικρότερα από 2mm) και μπορούν να τοποθετηθούν σε πινάκες αποτύπωσης.
- **ΧΡΟΝΟΣ ON/OFF:** Τα LED έχουν γρήγορη απόκριση. Μια τυπική κόκκινη LED μπορεί να έρθει σε κατάσταση πλήρους φωτεινότητας σε χρόνο microsecond. Τα LED που χρησιμοποιούνται ως συσκευές επικοινωνίας έχουν ακόμα μικρότερους χρόνους απόκρισης.
- **ΨΥΧΡΟ ΦΩΣ:** Σε αντίθεση με τις κοινές πηγές φωτός, τα LED εκπέμπουν πολύ λίγη θερμότητα σε μορφή υπέρυθρης ακτινοβολίας που μπορεί να προκαλέσει ζημιά σε ευαίσθητα αντικείμενα ή κατασκευές. Η ενέργεια που χάνεται διαχέεται ως θερμότητα μέσω της βάσης του LED.
- **ΧΡΟΝΟΣ ΖΩΗΣ:** Τα LED έχουν μεγάλους χρόνους ζωής. Οι ώρες λειτουργίας τους κυμαίνονται από 35.000 έως 50.000 ώρες, αριθμός τεράστιος συγκριτικά με αυτόν των λαμπτήρων πυράκτωσης που κυμαίνεται από 1.000 έως 2.000 ώρες και των λαμπτήρων φθορισμού που κυμαίνεται από 10.000 έως 15.000 ώρες.
- **ΑΝΤΙΣΤΑΣΗ ΣΕ ΚΡΑΔΑΣΜΟΥΣ:** Τα LED, όντας στοιχεία στερεάς κατάστασης, είναι δύσκολο να υποστούν ζημιά από κραδασμούς όπως συμβαίνει με τις λάμπες πυράκτωσης και φθορισμού.
- **ΕΣΤΙΑΣΗ:** Τα LED μπορούν να σχεδιαστούν ώστε να εστιάζουν το φως σε ένα συγκεκριμένο σημείο ή περιοχή. Οι λάμπες πυράκτωσης και φθορισμού απαιτούν ένα εξωτερικό ανακλαστήρα για να συλλέγει το φως και να το κατευθύνει με ένα χρήσιμο τρόπο.
- **ΤΟΞΙΚΟΤΗΤΑ:** Τα LED δεν περιέχουν υδράργυρο όπως οι λάμπες φθορισμού.

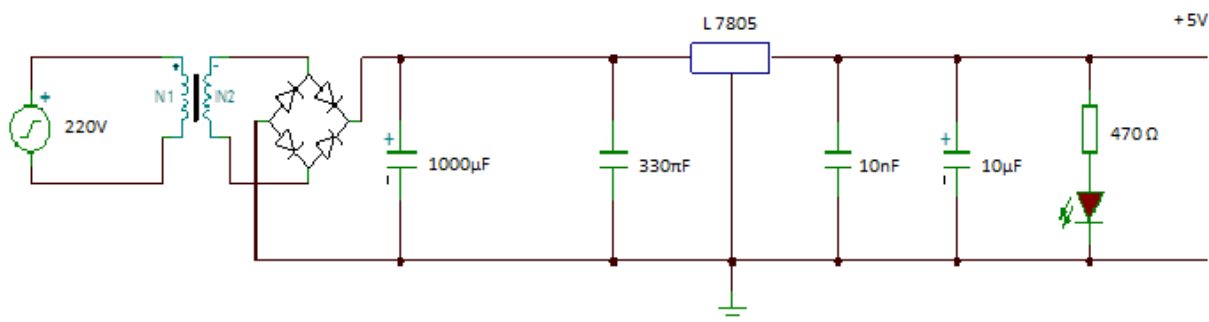
## **4. Μειωνεκτήματα των LEDs**

- **ΥΨΗΛΟ ΑΡΧΙΚΟ ΚΟΣΤΟΣ:** Τα LED σήμερα είναι ακριβότερα στην αγορά τους απ' ότι οι κοινές τεχνολογίες φωτισμού. Όμως αυτό το κόστος αντισταθμίζεται με την χαμηλή κατανάλωση ενέργειας που έχουν.
- **ΕΞΑΡΤΗΣΗ ΑΠΟ ΤΗΝ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ:** Η λειτουργία των LED έχει ισχυρή εξάρτηση από της θερμοκρασιακές συνθήκες που επικρατούν στον χώρο που τα περιβάλλει. Σε περιβάλλον υψηλών θερμοκρασιών, τα LED μπορούν να υπερθερμανθούν και να υποστούν ζημιά. Αυτός ο παράγοντας είναι πολύ σημαντικός αν σκεφτούμε ότι αυτοκινητιστικές, στρατιωτικές και ιατρικές εφαρμογές απαιτούν η συσκευή να λειτουργεί σε ένα επαρκώς μεγάλο εύρος θερμοκρασιών και να είναι ανθεκτική στις βλάβες.
- **ΕΥΑΙΣΘΗΣΙΑ ΣΤΗ ΤΑΣΗ:** Τα LED είναι αρκετά ευαίσθητα στη τάση και κατ' επέκταση στο ρεύμα που τα τροφοδοτεί. Έτσι πολλές φορές χρησιμοποιούνται σειρές αντιστάσεων ή πηγές ελέγχου του ρεύματος.
- **ΠΟΙΟΤΗΤΑ ΦΩΤΟΣ:** Τα περισσότερα LED ψυχρού λευκού έχουν φάσμα πολύ στενότερο από το φάσμα ενός μέλανος σώματος όπως του ήλιου ή του λαμπτήρα πυράκτωσης. Αυτό σημαίνει ότι το χρώμα κάποιων αντικειμένων μπορεί να φαίνεται διαφορετικό κάτω από μια LED ψυχρού λευκού απ' ότι θα φαινόταν κάτω από το φως του ήλιου ή κάτω από μια λάμπα πυράκτωσης.
- **ΜΟΛΥΝΣΗ ΑΠΟ ΤΟ ΜΠΛΕ:** Επειδή τα μπλε LED και αυτά του ψυχρού λευκού είναι πλέον ικανά να εκπέμπουν περισσότερο μπλε φως απ' ότι οι κοινές πηγές φωτός όπως οι λάμπες νάτριου υψηλής πίεσης, η ισχυρή εξάρτηση από το μήκος κύματος της σκέδασης Rayleigh σημαίνει ότι τα LED μπορούν να προκαλέσουν περισσότερη φωτορύπανση απ' ότι οι άλλες πηγές φωτός.

## 5. Κύκλωμα

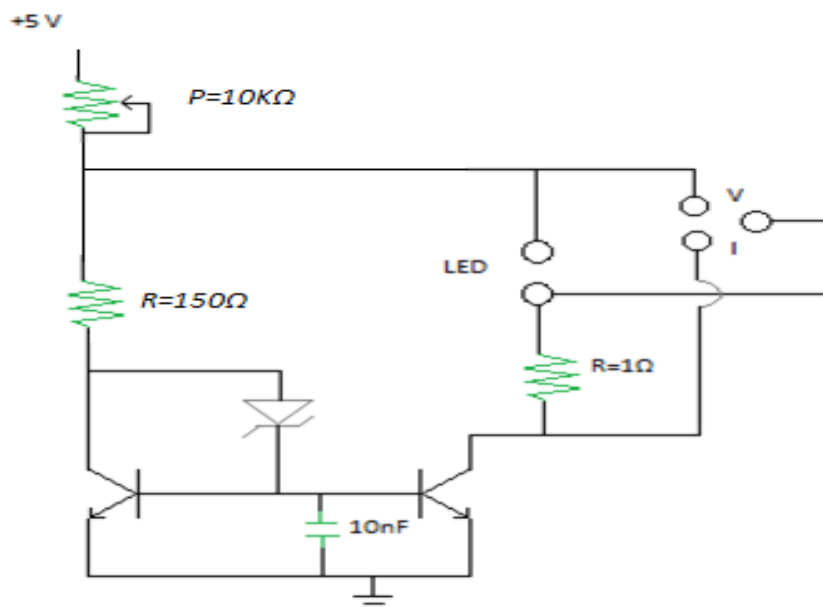
Το τροφοδοτικό (Σχήμα 1) παίρνει εναλλασσόμενη τάση 220V μέσω του μετασχηματιστή 1x15V και εν συνεχεία τη μετατρέπει σε 5V συνεχή. Περιλαμβάνει μία γέφυρα για ανόρθωση, ένα ηλεκτρολυτικό πυκνωτή 1000μF για εξομάλυνση και ένα πυκνωτή 330 pF καθώς κι έναν 10 nF για απόζευξη του υψηλής συχνότητας θορύβου. Για τη σταθεροποίηση χρησιμοποιήσαμε το ολοκληρωμένο L 7805, το οποίο έχει τρεις ακροδέκτες: την είσοδο (IN), την έξοδο (OUT) και τη γείωση. Για την ένδειξη λειτουργίας του τροφοδοτικού, τοποθετήσαμε στην έξοδο ένα ενδεικτικό Led κόκκινου χρώματος και μία αντίσταση 470Ω για προστασία.

**Σχήμα 1**



Στη συνέχεια (σχήμα 2) παρουσιάζεται το κύκλωμα οδήγησης του LED.

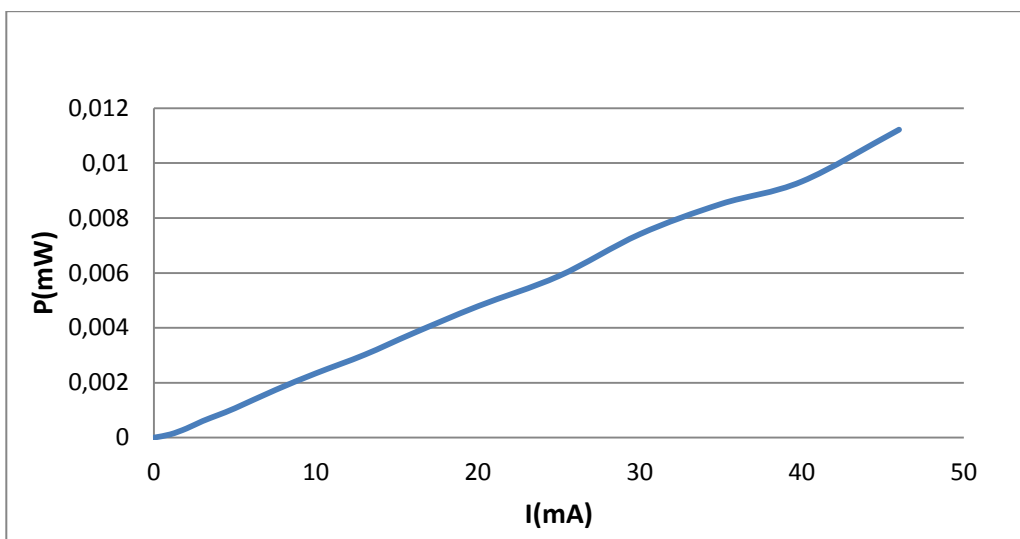
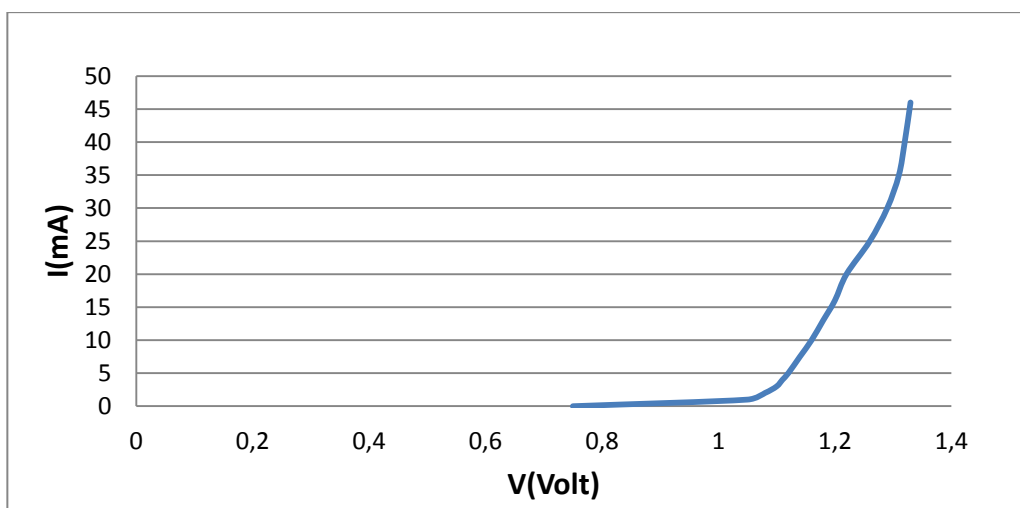
**Σχήμα 2**



Το κύκλωμα είναι ουσιαστικά ένας καθρέπτης ρεύματος. Αυτό σημαίνει ότι το ρεύμα του κλάδου της εξόδου είναι πάντα ίσο με το ρεύμα του κλάδου της εισόδου. Βασική προϋπόθεση για την λειτουργία του καθρέπτη είναι η απόλυτη ομοιότητα των δύο τρανζίστορ, τα οποία στην περίπτωσή μας είναι της σειράς

BC546. Το γραμμικό ποτενσιόμετρο χρησιμεύει στη ρύθμιση της τάσης τροφοδοσίας. Η δίοδος Schottky πολώνει ανάστροφα σε ένα σταθερό δυναμικό την επαφή συλλέκτη - βάσης. Ο πυκνωτής της διάταξης είναι για να φιλτράρει το θόρυβο. Τέλος μια αντίσταση  $1\Omega$  χρησιμοποιείται για την μέτρηση του ρεύματος του Led βάσει του νόμου του νόμου Ohm, ώστε να μη διακόπτεται το κύκλωμα με χρήση αμπερομέτρου.

Το LED που χρησιμοποιήσαμε είναι γραμμικό, μέσης απόκρισης, υπέρυθρου φωτός με μήκος κύματος  $950\text{nm}$  και φασματικό εύρος  $40\text{nm}$ . Το IF-E91 LED προσφέρει αποτελεσματική οπτική ζεύξη στο πρότυπο  $1000\ \mu\text{m}$  πλαστικό καλώδιο οπτικών ινών. Το μέγιστο ρεύμα που μπορεί να αντέξει είναι  $50\ \text{mA}$ . Το κύκλωμα είναι ρυθμιζόμενη πηγή ρεύματος και μεριμνήσαμε το μέγιστο ρεύμα να μην ξεπερνάει το μέγιστο ρεύμα αντοχής του LED. Περισσότερες πληροφορίες υπάρχουν στο datasheet που βρίσκεται στο παράρτημα. Οι πειραματικές χαρακτηριστικές ρεύματος τάσης και ισχύος τάσης παρουσιάζονται στα παρακάτω διαγράμματα.



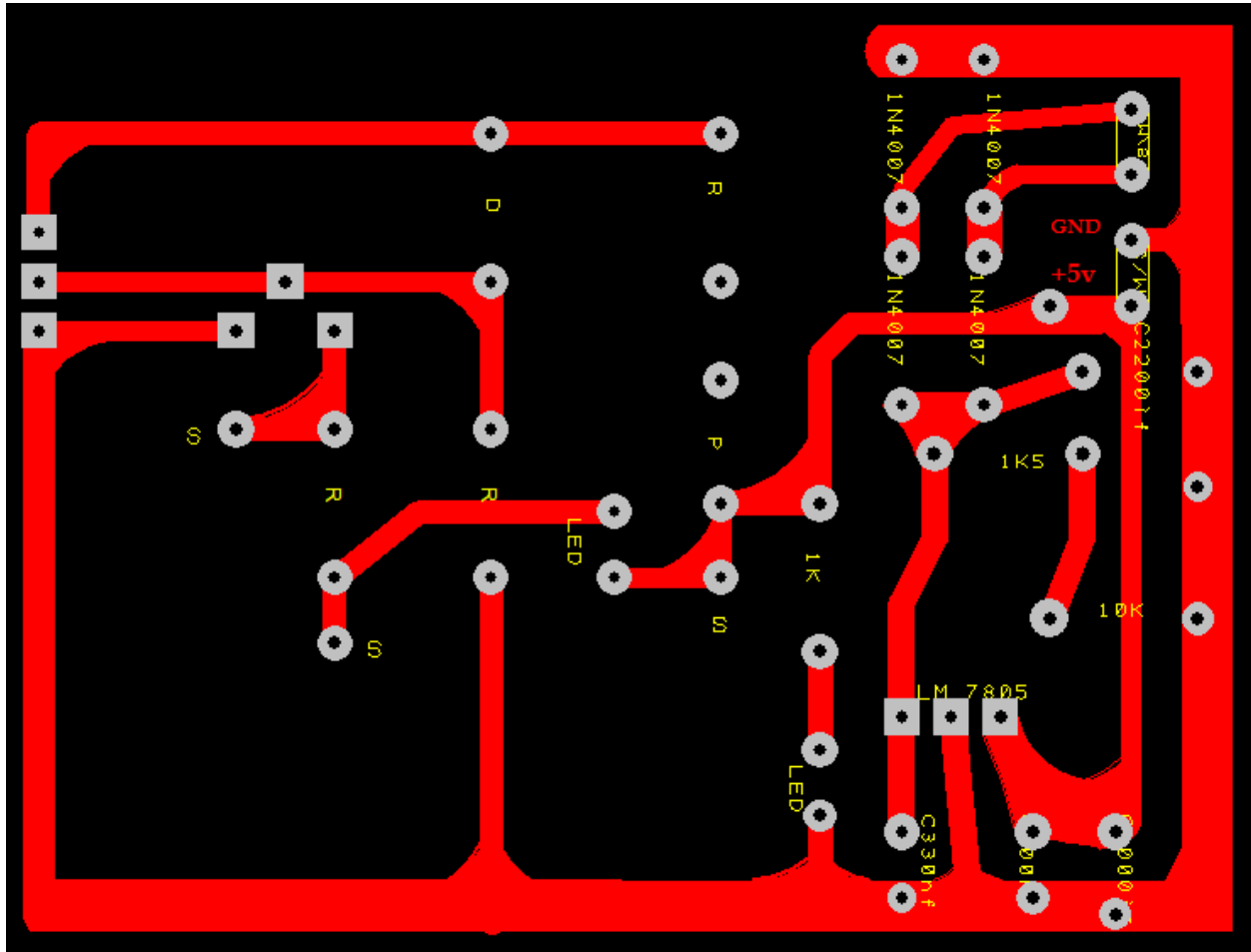


Ο παρακάτω πίνακας μας δείχνει την εξάρτηση του LED από την θερμοκρασία σε συνάρτηση με τον χρόνο. Παρατηρούμε ότι η οπτική ισχύς παραμένει σταθερή ακόμα και μετά από μία ώρα συνεχούς λειτουργίας.

<b>t(min)</b>	<b>I(mA)</b>	<b>P(dBm)</b>
0	30	-20,5
30	31,7	-20,3
60	32,35	-20,3

## 6. ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

### 1. ΚΥΚΛΩΜΑ ΟΔΗΓΗΣΗΣ LED



## 2.Datasheet L7805



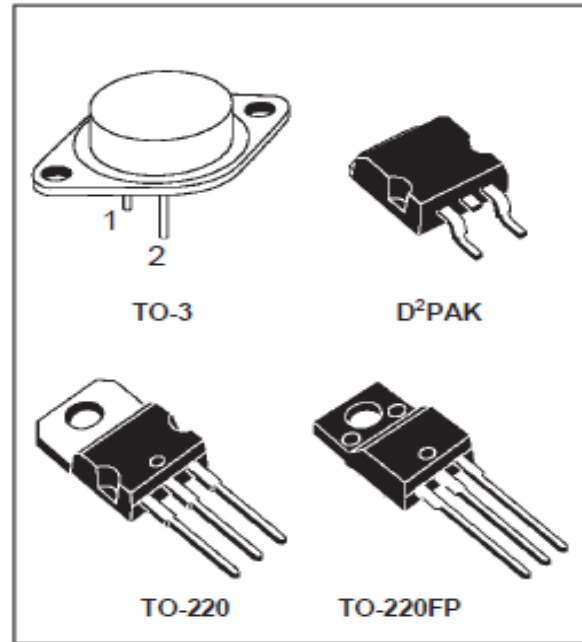
# L7800 SERIES

## POSITIVE VOLTAGE REGULATORS

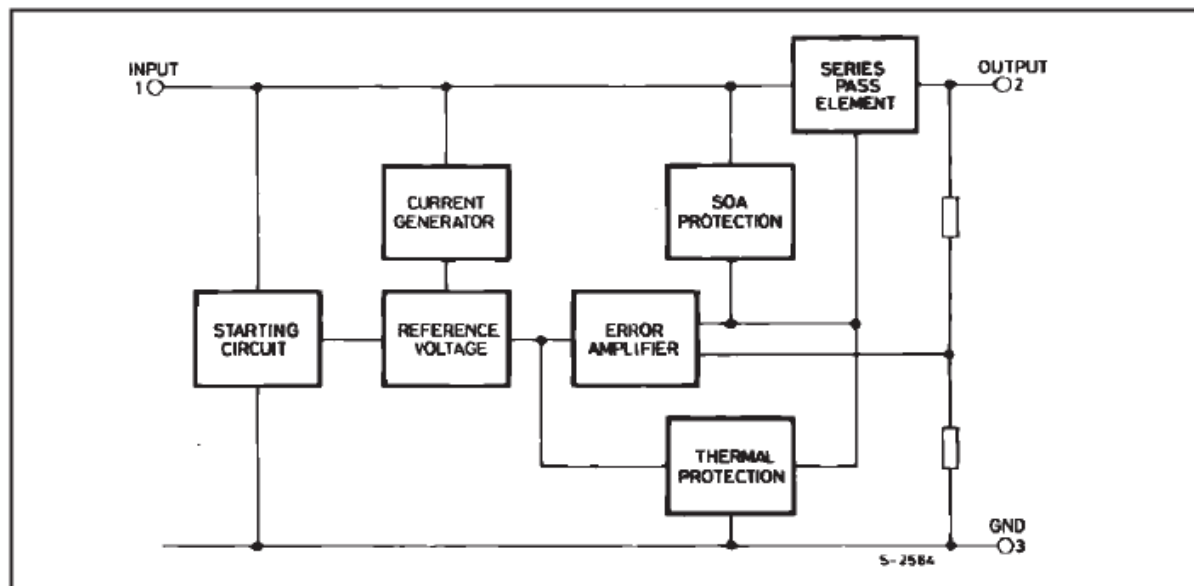
- OUTPUT CURRENT UP TO 1.5 A
- OUTPUT VOLTAGES OF 5; 5.2; 6; 8; 8.5; 9; 12; 15; 18; 24V
- THERMAL OVERLOAD PROTECTION
- SHORT CIRCUIT PROTECTION
- OUTPUT TRANSITION SOA PROTECTION

### DESCRIPTION

The L7800 series of three-terminal positive regulators is available in TO-220 TO-220FP TO-3 and D<sup>2</sup>PAK packages and several fixed output voltages, making it useful in a wide range of applications. These regulators can provide local on-card regulation, eliminating the distribution problems associated with single point regulation. Each type employs internal current limiting, thermal shut-down and safe area protection, making it essentially indestructible. If adequate heat sinking is provided, they can deliver over 1A output current. Although designed primarily as fixed voltage regulators, these devices can be used with external components to obtain adjustable voltages and currents.



### BLOCK DIAGRAM



## L7800

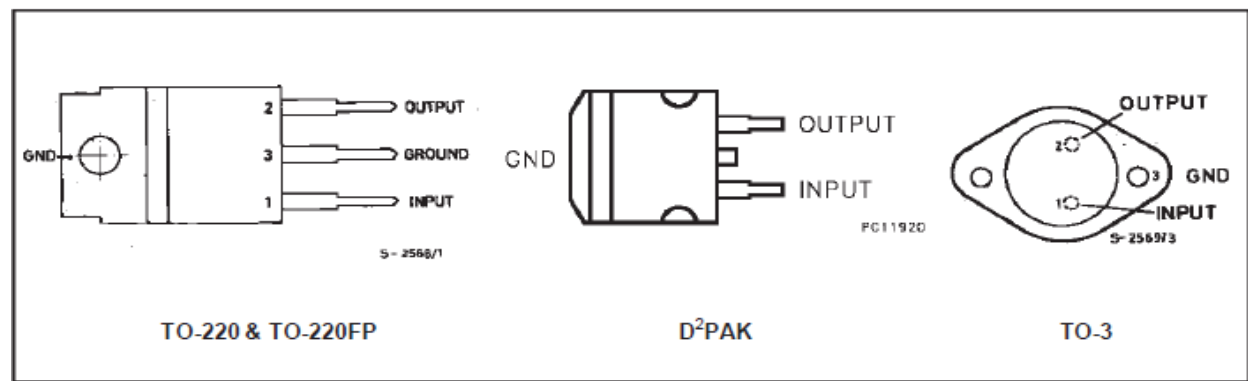
### ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS

Symbol	Parameter	Value	Unit
$V_i$	DC Input Voltage (for $V_o = 5$ to 18V) (for $V_o = 20, 24V$ )	35	V
		40	V
$I_o$	Output Current	Internally limited	
$P_{tot}$	Power Dissipation	Internally limited	
$T_{op}$	Operating Junction Temperature Range (for L7800) (for L7800C)	-55 to 150	°C
		0 to 150	°C
$T_{stg}$	Storage Temperature Range	-65 to 150	°C

### THERMAL DATA

Symbol	Parameter	D <sup>2</sup> PAK	TO-220	TO-220FP	TO-3	Unit
$R_{thj-case}$	Thermal Resistance Junction-case Max	3	3	5	4	°C/W
$R_{thj-amb}$	Thermal Resistance Junction-ambient Max	62.5	50	60	35	°C/W

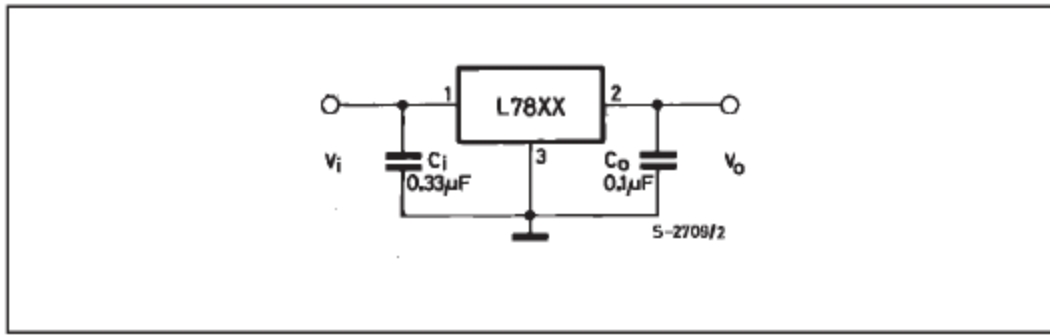
### CONNECTION DIAGRAM AND ORDERING NUMBERS (top view)



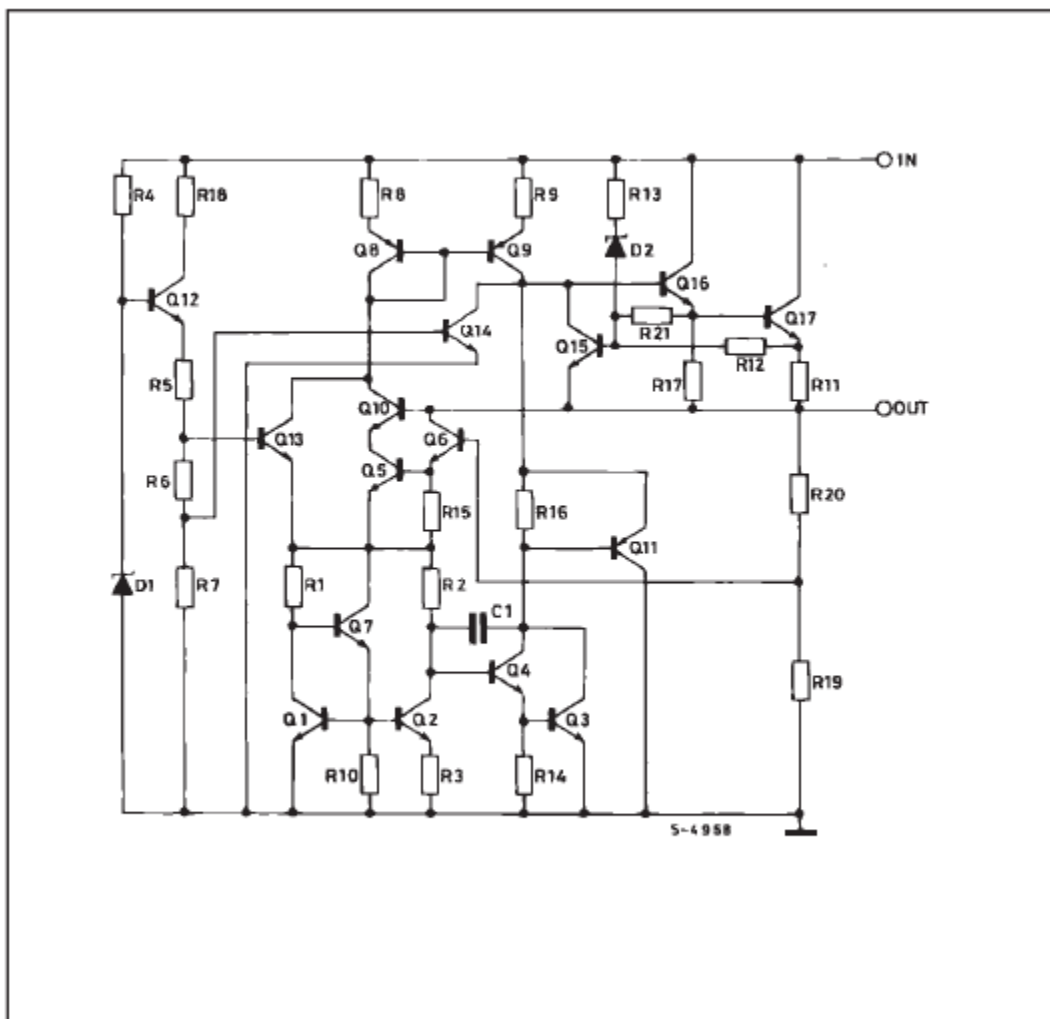
Type	TO-220	D <sup>2</sup> PAK (*)	TO-220FP	TO-3	Output Voltage
L7805				L7805T	5V
L7805C	L7805CV	L7805CD2T	L7805CP	L7805CT	5V
L7852C	L7852CV	L7852CD2T	L7852CP	L7852CT	5.2V
L7806				L7806T	6V
L7806C	L7806CV	L7806CD2T	L7806CP	L7806CT	6V
L7808				L7808T	8V
L7808C	L7808CV	L7808CD2T	L7808CP	L7808CT	8V
L7885C	L7885CV	L7885CD2T	L7885CP	L7885CT	8.5V
L7809C	L7809CV	L7809CD2T	L7809CP	L7809CT	9V
L7812				L7812T	12V
L7812C	L7812CV	L7812CD2T	L7812CP	L7812CT	12V
L7815				L7815T	15V
L7815C	L7815CV	L7815CD2T	L7815CP	L7815CT	15V
L7818				L7818T	18V
L7818C	L7818CV	L7818CD2T	L7818CP	L7818CT	18V
L7820				L7820T	20V
L7820C	L7820CV	L7820CD2T	L7820CP	L7820CT	20V
L7824				L7824T	24V
L7824C	L7824CV	L7824CD2T	L7824CP	L7824CT	24V

(\*) AVAILABLE IN TAPE AND REEL WITH "-TR" SUFFIX

### APPLICATION CIRCUIT



### SCHEMATIC DIAGRAM

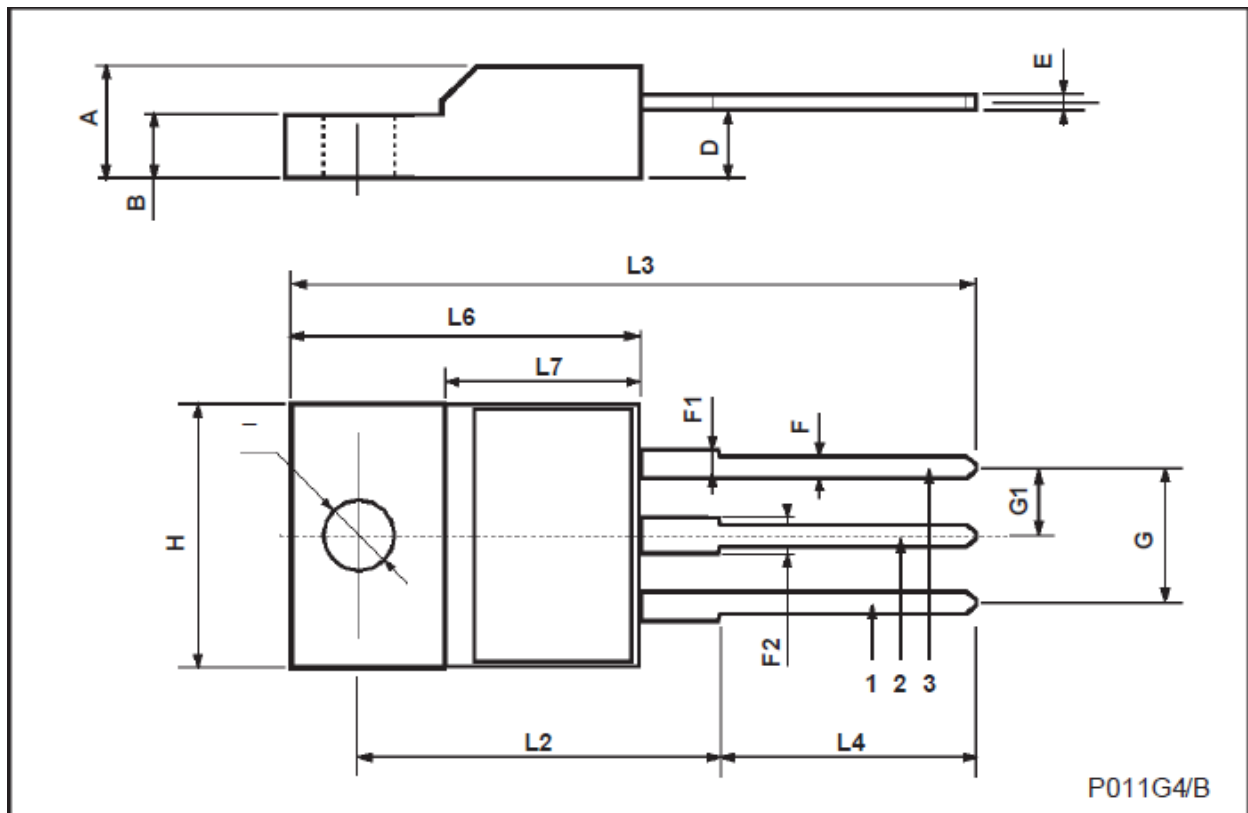


**ELECTRICAL CHARACTERISTICS FOR L7805** (refer to the test circuits,  $T_J = -55$  to  $150$  °C,  $V_I = 10$  V,  $I_o = 500$  mA,  $C_1 = 0.33$   $\mu$ F,  $C_o = 0.1$   $\mu$ F unless otherwise specified)

Symbol	Parameter	Test Conditions	Min.	Typ.	Max.	Unit
$V_o$	Output Voltage	$T_J = 25$ °C	4.8	5	5.2	V
$V_o$	Output Voltage	$I_o = 5$ mA to $1$ A $P_o \leq 15$ W $V_I = 8$ to $20$ V	4.65	5	5.35	V
$\Delta V_o^*$	Line Regulation	$V_I = 7$ to $25$ V $T_J = 25$ °C $V_I = 8$ to $12$ V $T_J = 25$ °C		3 1	50 25	mV mV
$\Delta V_o^*$	Load Regulation	$I_o = 5$ to $1500$ mA $T_J = 25$ °C $I_o = 250$ to $750$ mA $T_J = 25$ °C			100 25	mV mV
$I_d$	Quiescent Current	$T_J = 25$ °C			6	mA
$\Delta I_d$	Quiescent Current Change	$I_o = 5$ to $1000$ mA			0.5	mA
$\Delta I_d$	Quiescent Current Change	$V_I = 8$ to $25$ V			0.8	mA
$\frac{\Delta V_o}{\Delta T}$	Output Voltage Drift	$I_o = 5$ mA		0.6		mV/°C
eN	Output Noise Voltage	$B = 10$ Hz to $100$ kHz $T_J = 25$ °C			40	$\mu$ V/ $V_o$
SVR	Supply Voltage Rejection	$V_I = 8$ to $18$ V $f = 120$ Hz	68			dB
$V_d$	Dropout Voltage	$I_o = 1$ A $T_J = 25$ °C		2	2.5	V
$R_o$	Output Resistance	$f = 1$ KHz		17		m $\Omega$
$I_{sc}$	Short Circuit Current	$V_I = 35$ V $T_J = 25$ °C		0.75	1.2	A
$I_{scp}$	Short Circuit Peak Current	$T_J = 25$ °C	1.3	2.2	3.3	A

## TO-220FP MECHANICAL DATA

DIM.	mm			inch		
	MIN.	TYP.	MAX.	MIN.	TYP.	MAX.
A	4.4		4.6	0.173		0.181
B	2.5		2.7	0.098		0.106
D	2.5		2.75	0.098		0.108
E	0.45		0.7	0.017		0.027
F	0.75		1	0.030		0.039
F1	1.15		1.7	0.045		0.067
F2	1.15		1.7	0.045		0.067
G	4.95		5.2	0.195		0.204
G1	2.4		2.7	0.094		0.106
H	10		10.4	0.393		0.409
L2		16			0.630	
L3	28.6		30.6	1.126		1.204
L4	9.8		10.6	0.385		0.417
L6	15.9		16.4	0.626		0.645
L7	9		9.3	0.354		0.366
Ø	3		3.2	0.118		0.126



### 3.Datasheet LED IF-E91

## Plastic Fiber Optic IR LEDs

## IF-E91



### DESCRIPTION

The IF-E91A and IF-E91B are high-output medium-speed infrared LEDs in a "connector-less" style plastic fiber optic package. The output spectrum peaks at 950 nm for the IF-E91A and 880 nm for the IF-E91B. The device package features an internal micro-lens, and a precision-molded PBT housing ensures efficient optical coupling into standard 1000  $\mu\text{m}$  plastic fiber cable.

### APPLICATION HIGHLIGHTS

The high output and fast transition times of the IF-E91A and IF-E91B make them suitable for low-cost analog and digital data links. Used with an IF-D96 photologic detector, the IF-E91A and IF-E91B can achieve data rates of 500 Kbps and 1 Mbps respectively at link distances up to 7 m. The drive circuit design is simpler than required for laser diodes, making the IF-E91A and IF-E91B excellent low-cost alternatives in a variety of analog and digital applications.

### APPLICATIONS

- ▶ Low-Cost Analog and Digital Data Links
- ▶ Digitized Audio
- ▶ Optical Sensors
- ▶ Medical Instruments
- ▶ Robotics Communications
- ▶ Motor Controller Triggering
- ▶ EMC/EMI signal Isolation
- ▶ Electronic Games
- ▶ Intra-System Links: Board-to-Board, Rack-to-Rack

### FEATURES

- ◆ Excellent Linearity
- ◆ No Optical Design Required
- ◆ Mates with Standard 1000  $\mu\text{m}$  Core Jacketed Plastic Fiber Cable
- ◆ Internal Micro-Lens for Efficient Coupling
- ◆ Inexpensive Plastic Connector Housing
- ◆ Connector-Less Fiber Termination and Connection
- ◆ Interference-Free Transmission from Light-Tight Housing

### MAXIMUM RATINGS

( $T_A = 25^\circ\text{C}$ )

Operating and Storage Temperature Range ( $T_{OP}, T_{STG}$ )	-40° to 85°C
Junction Temperature ( $T_J$ )	85°C
Soldering Temperature (2 mm from case bottom) ( $T_S$ ) $t \leq 5s$	240°C
Reverse Voltage ( $V_R$ )	3 V
Power Dissipation ( $P_{TOT}$ ) $T_A = 25^\circ\text{C}$	100 mW
De-rate Above 25°C	1.33 mW/°C
Forward Current, DC ( $I_F$ )	
IF-E91A	50 mA
IF-E91B	100 mA
Surge Current ( $I_{FSM}$ ) $t \leq 10 \mu\text{sec}$	
IF-E91A	2 A
IF-E91B	2 A

### CHARACTERISTICS ( $T_A = 25^\circ\text{C}$ )

Parameter	Symbol	IF-E91A	IF-E91B*	Unit
Peak Wavelength	$\lambda_{PEAK}$	950	880	nm
Spectral Bandwidth (50% of $I_{MAX}$ )	$\Delta\lambda$	40	80	nm
Output Power Coupled into Plastic Fiber (1 mm core diameter). Distance Lens to Fiber $\leq 0.1$ mm, 10 cm polished fiber, $I_F = 20$ mA	$\Phi_{min}$	>100 -10	>75 -11.2	$\mu\text{W}$ dBm
Switching Times (10% to 90% and 90% to 10%) ( $R_L = 47 \Omega$ , $I_F = 10$ mA)	$t_r, t_f$	1.0	0.5	$\mu\text{s}$
Capacitance	$C_0$	25	25	pF
Forward Voltage ( $I_F = 50$ mA)	$V_f$	1.5 max	1.7 max	V
Temperature Coefficient, $\lambda_{PEAK}$	$TC_\lambda$	0.3	0.3	nm/K

\* IF-E91B recommended for new designs



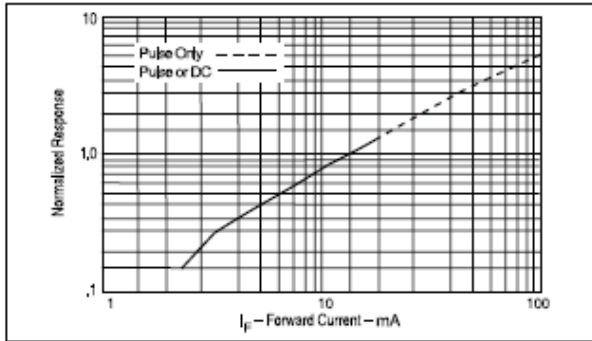


FIGURE 1. Normalized power launched versus forward current.

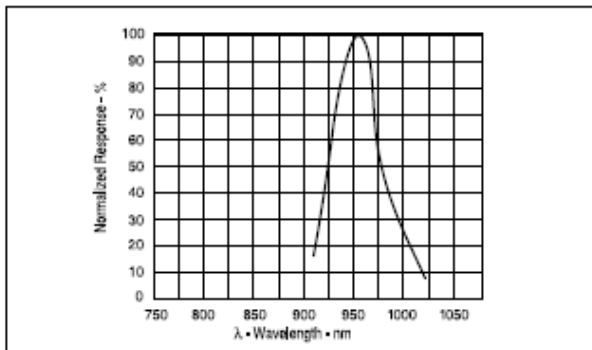


FIGURE 2. Typical spectral output vs. wavelength.

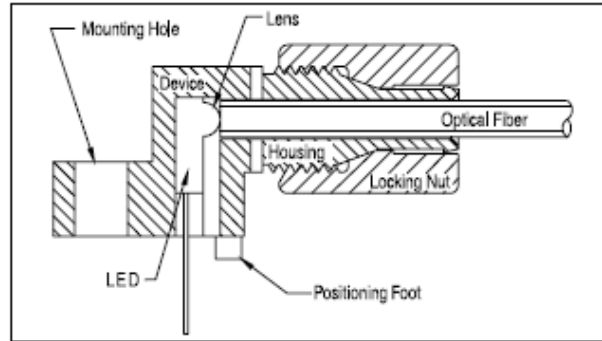


FIGURE 3. Cross-section of fiber optic device.

**FIBER TERMINATION INSTRUCTIONS**

1. Cut off the ends of the optical fiber with a single-edge razor blade or sharp knife. Try to obtain a precise 90-degree angle (square).
2. Insert the fiber through the locking nut and into the connector until the core tip seats against the internal micro-lens.
3. Screw the connector locking nut down to a snug fit, locking the fiber in place.

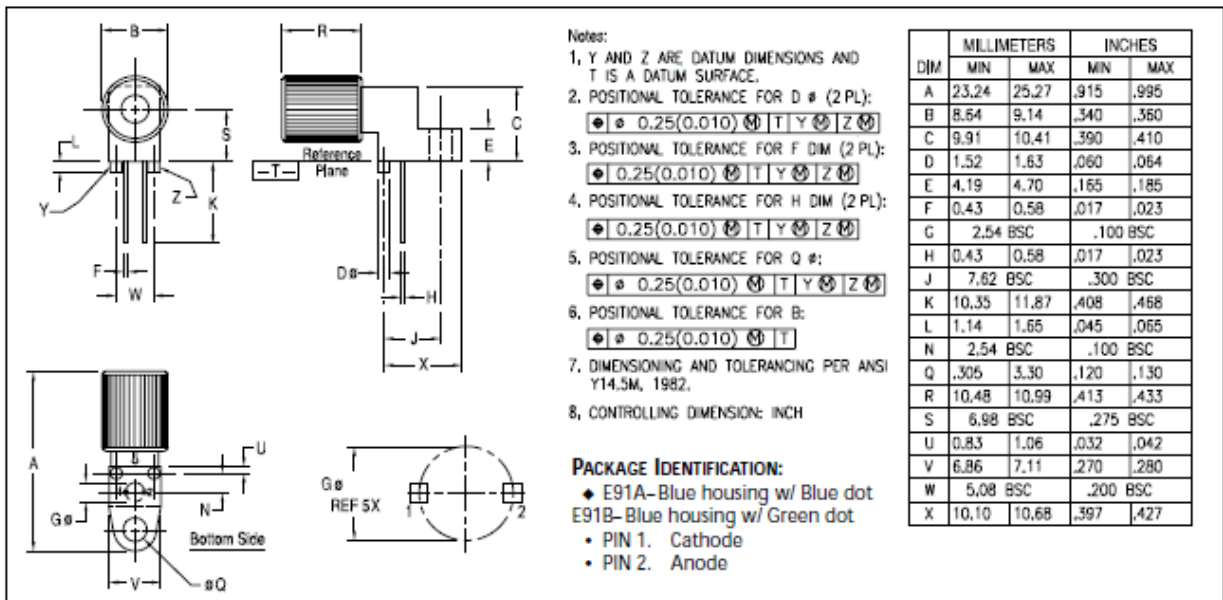


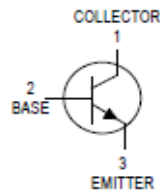
FIGURE 4. Case outline.

## 4.Datasheet BC546

**MOTOROLA**  
SEMICONDUCTOR TECHNICAL DATA

Order this document  
by BC546/D

### Amplifier Transistors NPN Silicon



**BC546, B**  
**BC547, A, B, C**  
**BC548, A, B, C**



CASE 29-04, STYLE 17  
TO-92 (TO-226AA)

#### MAXIMUM RATINGS

Rating	Symbol	BC 546	BC 547	BC 548	Unit
Collector-Emitter Voltage	$V_{CEO}$	65	45	30	Vdc
Collector-Base Voltage	$V_{CBO}$	80	50	30	Vdc
Emitter-Base Voltage	$V_{EBO}$	6.0			Vdc
Collector Current — Continuous	$I_C$	100			mAdc
Total Device Dissipation @ $T_A = 25^\circ\text{C}$ Derate above $25^\circ\text{C}$	$P_D$	625	5.0		mW mW/°C
Total Device Dissipation @ $T_C = 25^\circ\text{C}$ Derate above $25^\circ\text{C}$	$P_D$	1.5	12		Watt mW/°C
Operating and Storage Junction Temperature Range	$T_J, T_{stg}$	-55 to +150			°C

#### THERMAL CHARACTERISTICS

Characteristic	Symbol	Max	Unit
Thermal Resistance, Junction to Ambient	$R_{\theta JA}$	200	°C/W
Thermal Resistance, Junction to Case	$R_{\theta JC}$	83.3	°C/W

#### ELECTRICAL CHARACTERISTICS ( $T_A = 25^\circ\text{C}$ unless otherwise noted)

Characteristic	Symbol	Min	Typ	Max	Unit
<b>OFF CHARACTERISTICS</b>					
Collector-Emitter Breakdown Voltage ( $I_C = 1.0\text{ mA}, I_B = 0$ )	BC546 BC547 BC548	$V_{(BR)CEO}$	65 45 30	— — —	V
Collector-Base Breakdown Voltage ( $I_C = 100\text{ }\mu\text{A}$ )	BC546 BC547 BC548	$V_{(BR)CBO}$	80 50 30	— — —	V
Emitter-Base Breakdown Voltage ( $I_E = 10\text{ }\mu\text{A}, I_C = 0$ )	BC546 BC547 BC548	$V_{(BR)EBO}$	6.0 6.0 6.0	— — —	V
Collector Cutoff Current ( $V_{CE} = 70\text{ V}, V_{BE} = 0$ ) ( $V_{CE} = 50\text{ V}, V_{BE} = 0$ ) ( $V_{CE} = 35\text{ V}, V_{BE} = 0$ ) ( $V_{CE} = 30\text{ V}, T_A = 125^\circ\text{C}$ )	BC546 BC547 BC548 BC546/547/548	$I_{CES}$	— — — —	0.2 0.2 0.2 —	nA   $\mu\text{A}$

REV 1

© Motorola, Inc. 1996



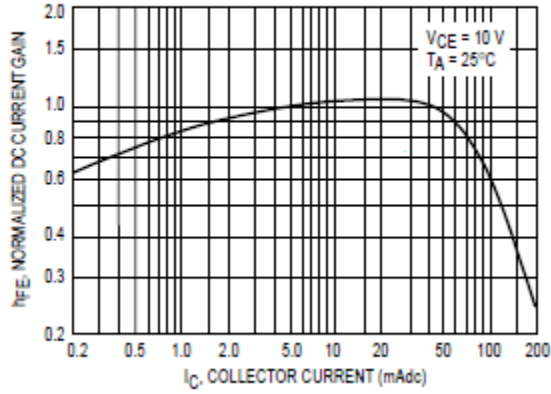
**BC546, B BC547, A, B, C BC548, A, B, C**

 ELECTRICAL CHARACTERISTICS ( $T_A = 25^\circ\text{C}$  unless otherwise noted) (Continued)

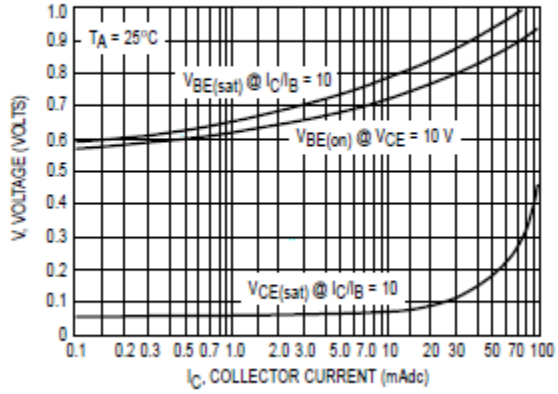
Characteristic	Symbol	Min	Typ	Max	Unit
<b>ON CHARACTERISTICS</b>					
DC Current Gain ( $I_C = 10\ \mu\text{A}$ , $V_{CE} = 5.0\ \text{V}$ )	BC547A/548A BC546B/547B/548B BC548C	$h_{FE}$	— — —	90 150 270	—
( $I_C = 2.0\ \text{mA}$ , $V_{CE} = 5.0\ \text{V}$ )	BC546 BC547 BC548 BC547A/548A BC546B/547B/548B BC547C/BC548C		110 110 110 110 200 420	— — — 180 290 520	450 800 800 220 450 800
( $I_C = 100\ \text{mA}$ , $V_{CE} = 5.0\ \text{V}$ )	BC547A/548A BC546B/547B/548B BC548C		— — —	120 180 300	—
Collector–Emitter Saturation Voltage ( $I_C = 10\ \text{mA}$ , $I_B = 0.5\ \text{mA}$ ) ( $I_C = 100\ \text{mA}$ , $I_B = 5.0\ \text{mA}$ ) ( $I_C = 10\ \text{mA}$ , $I_B = \text{See Note 1}$ )		$V_{CE(\text{sat})}$	— — —	0.09 0.2 0.3	0.25 0.6 0.6
Base–Emitter Saturation Voltage ( $I_C = 10\ \text{mA}$ , $I_B = 0.5\ \text{mA}$ )		$V_{BE(\text{sat})}$	—	0.7	—
Base–Emitter On Voltage ( $I_C = 2.0\ \text{mA}$ , $V_{CE} = 5.0\ \text{V}$ ) ( $I_C = 10\ \text{mA}$ , $V_{CE} = 5.0\ \text{V}$ )		$V_{BE(\text{on})}$	0.55 —	— —	0.7 0.77
<b>SMALL–SIGNAL CHARACTERISTICS</b>					
Current–Gain — Bandwidth Product ( $I_C = 10\ \text{mA}$ , $V_{CE} = 5.0\ \text{V}$ , $f = 100\ \text{MHz}$ )	BC546 BC547 BC548	$f_T$	150 150 150	300 300 300	—
Output Capacitance ( $V_{CB} = 10\ \text{V}$ , $I_C = 0$ , $f = 1.0\ \text{MHz}$ )		$C_{obo}$	—	1.7	4.5
Input Capacitance ( $V_{EB} = 0.5\ \text{V}$ , $I_C = 0$ , $f = 1.0\ \text{MHz}$ )		$C_{ibo}$	—	10	—
Small–Signal Current Gain ( $I_C = 2.0\ \text{mA}$ , $V_{CE} = 5.0\ \text{V}$ , $f = 1.0\ \text{kHz}$ )	BC546 BC547/548 BC547A/548A BC546B/547B/548B BC547C/548C	$h_{fe}$	125 125 125 240 450	— — 220 330 600	500 900 260 500 900
Noise Figure ( $I_C = 0.2\ \text{mA}$ , $V_{CE} = 5.0\ \text{V}$ , $R_S = 2\ \text{k}\Omega$ , $f = 1.0\ \text{kHz}$ , $\Delta f = 200\ \text{Hz}$ )	BC546 BC547 BC548	NF	— — —	2.0 2.0 2.0	10 10 10

 Note 1:  $I_B$  is value for which  $I_C = 11\ \text{mA}$  at  $V_{CE} = 1.0\ \text{V}$ .

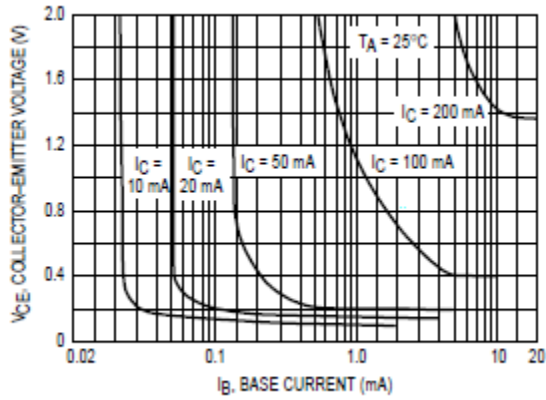
**BC546, B BC547, A, B, C BC548, A, B, C**



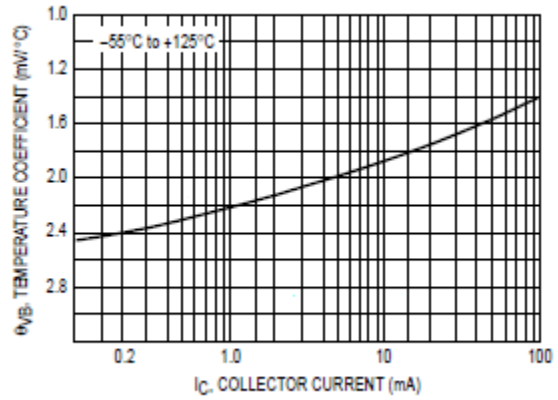
**Figure 1. Normalized DC Current Gain**



**Figure 2. "Saturation" and "On" Voltages**

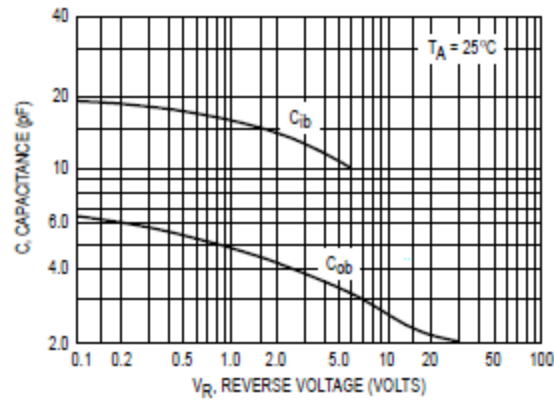


**Figure 3. Collector Saturation Region**

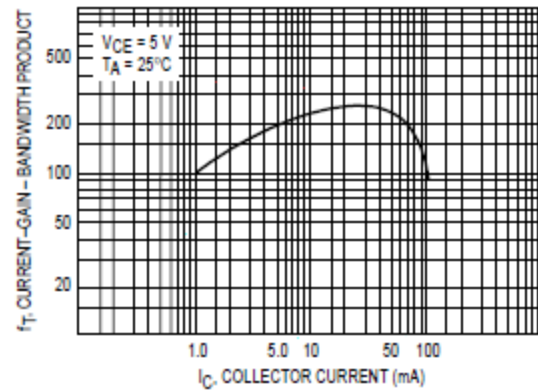


**Figure 4. Base-Emitter Temperature Coefficient**

**BC546**



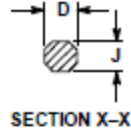
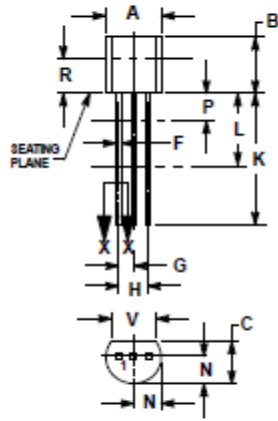
**Figure 11. Capacitance**



**Figure 12. Current-Gain - Bandwidth Product**

**BC546, B BC547, A, B, C BC548, A, B, C**

**PACKAGE DIMENSIONS**



**CASE 029-04  
(TO-226AA)  
ISSUE AD**

- NOTES:
1. DIMENSIONING AND TOLERANCING PER ANSI Y14.5M, 1982.
  2. CONTROLLING DIMENSION: INCH.
  3. CONTOUR OF PACKAGE BEYOND DIMENSION R IS UNCONTROLLED.
  4. DIMENSION F APPLIED BETWEEN P AND L. DIMENSION D AND J APPLY BETWEEN L AND K. MINIMUM LEAD DIMENSION IS UNCONTROLLED IN P AND BEYOND DIMENSION K MINIMUM.

DIM	INCHES		MILLIMETERS	
	MIN	MAX	MIN	MAX
A	0.175	0.205	4.45	5.20
B	0.170	0.210	4.32	5.33
C	0.125	0.165	3.18	4.19
D	0.016	0.022	0.41	0.55
F	0.016	0.019	0.41	0.48
G	0.045	0.055	1.15	1.39
H	0.085	0.105	2.42	2.66
J	0.015	0.020	0.38	0.50
K	0.500	—	12.70	—
L	0.250	—	6.35	—
N	0.080	0.105	2.04	2.66
P	—	0.100	—	2.54
R	0.115	—	2.93	—
V	0.135	—	3.43	—

- STYLE 17:
1. COLLECTOR
  2. BASE
  3. EMITTER