



2023

## 13. Διόδοι

R2: SCRAPY Guide

Αρ. έργου: **2021-1-FR01-KA220-SCH-000031617**



 **Co-funded by  
the European Union**

The European Commission's support for the production of this publication does not constitute an endorsement of the contents, which reflect the views only of the authors, and the Commission cannot be held responsible for any use which may be made of the information contained therein.

ECAM EPMI  
30/04/2023

## Πίνακας περιεχομένων

1 Εισαγωγή .....	2
2 Ιδανικές διόδοι.....	2
3 Σύμβολο κυκλώματος.....	3
4 Πραγματικά χαρακτηριστικά διόδου .....	4
4.1 Σχέση ρεύματος-τάσης .....	4
4.2 Μπροστινή τάση .....	5
4.3 Τάση διάσπασης.....	6
4.4 Φύλλα δεδομένων διόδου .....	6
5 Τύποι Διόδων .....	8
5.1 Δίοδοι ισχύος .....	8
5.2 Δίοδοι εκπομπής φωτός (LED!) .....	9
5.3 Δίοδοι Schottky .....	10
5.4 Δίοδοι Zener .....	11
5.5 Φωτοδιόδοι.....	12
6. Εφαρμογές Διόδων .....	13
6.1 Ανορθωτές.....	13
6.2 Προστασία αντίστροφου ρεύματος.....	14
6.3 Λογικές Πύλες.....	15
7. Flyback Diodes και Voltage Spike Suppression.....	16
8 Συμπέρασμα .....	17

## 1 Εισαγωγή

Μόλις αποφοιτήσετε από τα απλά, παθητικά εξαρτήματα που είναι οι αντιστάσεις, οι πυκνωτές και οι επαγωγείς, ήρθε η ώρα να μπείτε στον υπέροχο κόσμο των ημιαγωγών. Ένα από τα πιο ευρέως χρησιμοποιούμενα εξαρτήματα ημιαγωγών είναι η δίοδος.

Δίοδος

Σε αυτό το μάθημα θα καλύψουμε:

- Τι είναι δίοδος;
- Θεωρία λειτουργίας διόδου
- Σημαντικές ιδιότητες διόδου
- Διαφορετικοί τύποι διόδων
- Πώς μοιάζουν οι δίοδοι
- Τυπικές εφαρμογές διόδων

Ορισμένες από τις έννοιες σε αυτό το μάθημα βασίζονται σε προηγούμενες γνώσεις ηλεκτρονικών. Πριν μεταβείτε σε αυτό το σεμινάριο, σκεφτείτε πρώτα να διαβάσετε:

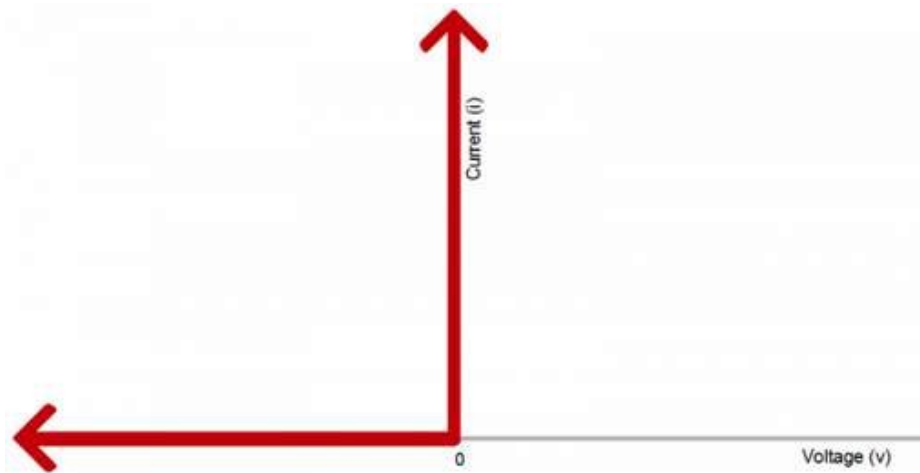
- Τι είναι ένα κύκλωμα: Κάθε ηλεκτρικό έργο ξεκινά με ένα κύκλωμα. Δεν ξέρετε τι είναι κύκλωμα; Είμαστε εδώ για να βοηθήσουμε.
- Τάση, Ρεύμα, Αντίσταση και Νόμος του Ohm: Μάθετε για τον Νόμο του Ohm, μια από τις πιο θεμελιώδεις εξισώσεις σε όλη την ηλεκτρική μηχανική.
- Τι είναι Ηλεκτρισμός: Μπορούμε να δούμε τον ηλεκτρισμό σε δράση στους υπολογιστές μας, φωτίζοντας τα σπίτια μας, καθώς οι κεραυνοί χτυπούν σε καταιγίδες, αλλά τι είναι; Αυτή δεν είναι μια εύκολη ερώτηση, αλλά αυτό το σεμινάριο θα ρίξει λίγο φως σε αυτήν!
- Σειρές και παράλληλα κυκλώματα: Εισαγωγή σε κυκλώματα σειρών και παράλληλα κυκλώματα.

## 2 Ιδανικές δίοδοι

Η βασική λειτουργία μιας ιδανικής διόδου είναι να ελέγχει την κατεύθυνση της ροής του ρεύματος. Το ρεύμα που διέρχεται από μια δίοδο μπορεί να πάει μόνο προς μία κατεύθυνση, που ονομάζεται κατεύθυνση προς τα εμπρός. Αυτήν τη στιγμή, η προσπάθεια ροής προς την αντίστροφη κατεύθυνση είναι μπλοκαρισμένη. Είναι σαν τη μονόδρομη βαλβίδα των ηλεκτρονικών.

Εάν η τάση σε μια δίοδο είναι αρνητική, δεν μπορεί να ρέει ρεύμα\* και η ιδανική δίοδος μοιάζει με ανοιχτό κύκλωμα. Σε μια τέτοια κατάσταση, η δίοδος λέγεται ότι είναι απενεργοποιημένη ή αντίστροφη.

Όσο η τάση στη δίοδο δεν είναι αρνητική, θα "ανοίγει" και θα μεταφέρει ρεύμα. Ιδανικά\* μια δίοδος θα λειτουργούσε σαν βραχυκύκλωμα (0V κατά μήκος της) εάν άγει ρεύμα. Όταν μια δίοδος άγει ρεύμα, πολώνεται προς τα εμπρός (ηλεκτρονική ορολογία για το "on").



Η σχέση ρεύματος-τάσης μιας ιδανικής διόδου. Οποιαδήποτε αρνητική τάση παράγει μηδενικό ρεύμα -- ένα ανοιχτό κύκλωμα. Εφόσον η τάση είναι μη αρνητική, η διόδος μοιάζει με βραχυκύκλωμα.

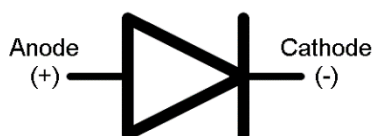
### Ιδανικά χαρακτηριστικά διόδου

Operation Mode	On (Forward biased)	Off (Reverse biased)
Current Through	$I > 0$	$I = 0$
Voltage Across	$V = 0$	$V < 0$
Η διόδος μοιάζει	Βραχυκύκλωμα	Ανοιχτό κύκλωμα

## 3 Σύμβολο κυκλώματος

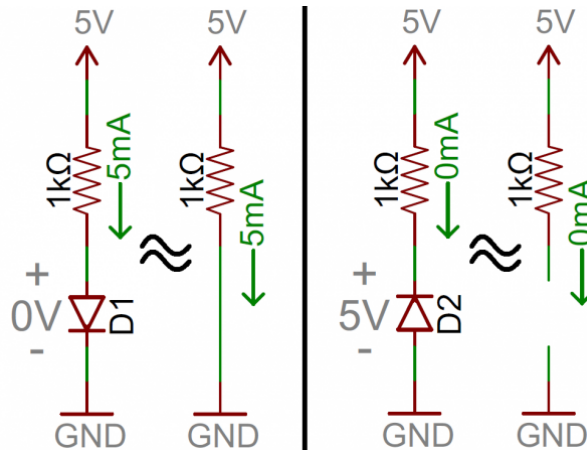
Κάθε διόδος έχει **δύο ακροδέκτες** -- συνδέσεις σε κάθε άκρο του εξαρτήματος -- και αυτοί οι ακροδέκτες είναι πολωμένοι, που σημαίνει ότι οι δύο ακροδέκτες είναι σαφώς διαφορετικοί. Είναι σημαντικό να μην ανακατεύετε τις συνδέσεις σε μια διόδο. Το θετικό άκρο μιας διόδου ονομάζεται **άνοδος** και το αρνητικό **άκρο** ονομάζεται **κάθοδος**. Το ρεύμα μπορεί να ρέει από το άκρο της ανόδου προς την κάθοδο, αλλά όχι προς την άλλη κατεύθυνση. Εάν ξεχάσετε με ποιον τρόπο ρέει ρεύμα μέσω μιας διόδου, προσπαθήστε να θυμηθείτε το μνημονικό ΟΞΥ: "ρεύμα ανόδου στη διόδο" (επίσης η άνοδος-κάθοδος είναι διόδος).

Το σύμβολο του κυκλώματος μιας τυπικής διόδου είναι ένα τρίγωνο που προσκρούει σε μια γραμμή. Όπως θα καλύψουμε αργότερα σε αυτό το σεμινάριο, υπάρχει μια ποικιλία τύπων διόδων, αλλά συνήθως, το σύμβολο του κυκλώματος τους θα μοιάζει κάπως έτσι:



### Το σύμβολο των διόδων

Το τερματικό που εισέρχεται στην επίπεδη άκρη του τριγώνου αντιπροσωπεύει την άνοδο. Το ρεύμα ρέει προς την κατεύθυνση που δείχνει το τρίγωνο/βέλος, αλλά δεν μπορεί να πάει αντίθετα.



### Ένα απλό παράδειγμα κυκλώματος διόδου

Παραπάνω είναι μερικά απλά παραδείγματα κυκλώματος διόδου. Στα αριστερά, η διάδος D1 είναι πολωμένη προς τα εμπρός και επιτρέπει στο ρεύμα να ρέει μέσω του κυκλώματος. Μοιάζει με βραχυκύκλωμα. Στα δεξιά, η διάδος D2 έχει αντίστροφη πόλωση. Το ρεύμα δεν μπορεί να διαρρέει το κύκλωμα και μοιάζει με ανοιχτό κύκλωμα.

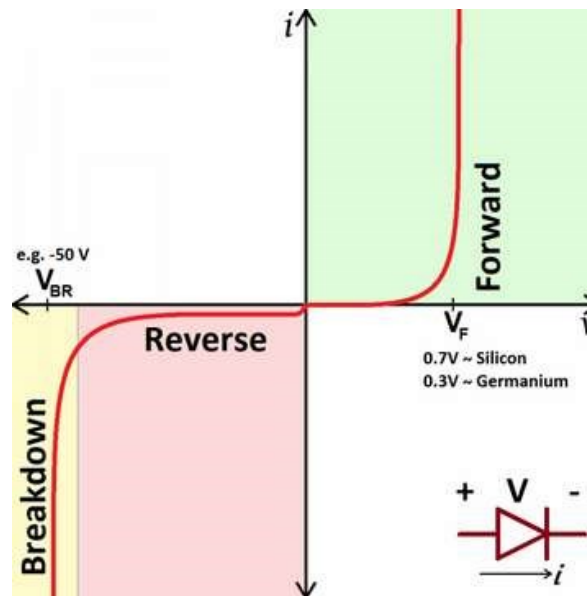
\*Ανακοπή! Αστερίσκος! Όχι-εντελώς-αλήθεια... Δυστυχώς, δεν υπάρχει ιδανική διάδος. Αλλά μην ανησυχείτε! Οι διόδους είναι πραγματικές, απλά έχουν μερικά χαρακτηριστικά που τις κάνουν να λειτουργούν λίγο λιγότερο από το ιδανικό μας μοντέλο...

## 4 Πραγματικά χαρακτηριστικά διόδου

Στην ιδανική περίπτωση, οι διόδους θα μπλοκάρουν κάθε ρεύμα που ρέει προς την αντίστροφη κατεύθυνση ή απλώς θα λειτουργούν σαν βραχυκύκλωμα εάν η ροή του ρεύματος είναι προς τα εμπρός. Δυστυχώς, η πραγματική συμπεριφορά της διόδου δεν είναι ιδανική. Οι διόδους καταναλώνουν κάποια ποσότητα ενέργειας όταν διοχετεύουν προς τα εμπρός ρεύμα και δεν εμποδίζουν όλο το αντίστροφο ρεύμα. Οι διόδους του πραγματικού κόσμου είναι λίγο πιο περίπλοκες και όλες έχουν μοναδικά χαρακτηριστικά που καθορίζουν τον τρόπο λειτουργίας τους

### 4.1 Σχέση ρεύματος-τάσης

Το πιο σημαντικό χαρακτηριστικό της διόδου είναι η σχέση ρεύματος-τάσης ( $i-v$ ). Αυτό ορίζει ποιο είναι το ρεύμα που διατρέχει ένα εξάρτημα, δεδομένης της τάσης που μετράται σε αυτό. Οι αντιστάσεις, για παράδειγμα, έχουν μια απλή, γραμμική σχέση  $i-v$ ...Νόμος του Ohm. Η καμπύλη  $i-v$  μιας διόδου, ωστόσο, είναι εντελώς μη γραμμική. Μοιάζει κάπως έτσι:



*Η σχέση ρεύματος-τάσης μιας διόδου. Για να υπερβάλλουμε μερικά σημαντικά σημεία στην πλοκή, οι κλίμακες τόσο στο θετικό όσο και στο αρνητικό μισό δεν είναι ίσες.*

Ανάλογα με την τάση που εφαρμόζεται σε αυτήν, μια διάδος θα λειτουργεί σε μία από τις τρεις περιοχές:

1. Προώθηση μεροληψίας: Όταν η τάση κατά μήκος της διόδου είναι θετική, η διάδος είναι "ενεργοποιημένη" και το ρεύμα μπορεί να περάσει. Η τάση πρέπει να είναι μεγαλύτερη από την προς τα εμπρός τάση ( $V_F$ ) για να είναι το ρεύμα κάτι σημαντικό.
2. Reverse bias: Αυτή είναι η λειτουργία "off" της διόδου, όπου η τάση είναι μικρότερη από  $V_F$  αλλά μεγαλύτερη από  $-V_{BR}$ . Σε αυτή τη λειτουργία, η ροή του ρεύματος είναι (κυρίως) μπλοκαρισμένη και η διάδος είναι απενεργοποιημένη. Μια πολύ μικρή ποσότητα ρεύματος (της τάξης του nA) -- που ονομάζεται ρεύμα αντίστροφου κορεσμού -- μπορεί να ρέει αντίστροφα μέσω της διόδου.
3. Βλάβη: Όταν η τάση που εφαρμόζεται στη διάδο είναι πολύ μεγάλη και αρνητική, πολλά ρεύματα θα μπορούν να ρέουν προς την αντίστροφη κατεύθυνση, από την κάθοδο στην άνοδο.

## 4.2 Μπροστινή τάση

Για να «ανοίξει» και να μεταφέρει ρεύμα προς τα εμπρός, μια διάδος απαιτεί μια ορισμένη ποσότητα θετικής τάσης για να εφαρμοστεί σε αυτήν. Η τυπική τάση που απαιτείται για την ενεργοποίηση της διόδου ονομάζεται μπροστινή τάση ( $V_F$ ). Θα μπορούσε επίσης να ονομάζεται είτε τάση διακοπής είτε τάση ενεργοποίησης.

Όπως γνωρίζουμε από την καμπύλη  $i-v$ , το ρεύμα και η τάση σε μια διάδο είναι αλληλεξαρτώμενα. Περισσότερο ρεύμα σημαίνει περισσότερη τάση και λιγότερη τάση σημαίνει λιγότερο ρεύμα. Μόλις η τάση φτάσει περίπου στην ονομαστική τάση προς τα εμπρός, ωστόσο, οι μεγάλες αυξήσεις στο ρεύμα θα πρέπει να σημαίνουν μόνο μια πολύ

μικρή αύξηση της τάσης. Εάν μια διόδος είναι πλήρως αγωγίμη, συνήθως μπορεί να υποτεθεί ότι η τάση σε αυτήν είναι η ονομαστική τάση προς τα εμπρός.



*Ένα πολύμετρο με ρύθμιση διόδου μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τη μέτρηση (το ελάχιστο) της μπροστινής πτώσης τάσης μιας διόδου.*

Το  $V_F$  μιας συγκεκριμένης διόδου εξαρτάται από το υλικό ημιαγωγού που είναι κατασκευασμένο. Συνήθως, μια διόδος πυριτίου θα έχει  $V_F$  περίπου 0,6-1V. Μια διόδος με βάση το γερμάνιο μπορεί να είναι χαμηλότερη, περίπου 0,3 V. Ο τύπος της διόδου έχει επίσης κάποια σημασία στον καθορισμό της μπροστινής πτώσης τάσης. Οι διόδοι εκπομπής φωτός μπορούν να έχουν πολύ μεγαλύτερο  $V_F$ , ενώ οι διόδοι Schottky έχουν σχεδιαστεί ειδικά για να έχουν πολύ χαμηλότερη από τη συνηθισμένη τάση προς τα εμπρός.

### 4.3 Τάση διάσπασης

Εάν εφαρμοστεί αρκετά μεγάλη αρνητική τάση στη διόδο, θα υποχωρήσει και θα επιτρέψει στο ρεύμα να ρέει προς την αντίστροφη κατεύθυνση. Αυτή η μεγάλη αρνητική τάση ονομάζεται τάση διάσπασης. Ορισμένες διόδοι έχουν σχεδιαστεί για να λειτουργούν στην περιοχή βλάβης, αλλά για τις περισσότερες κανονικές διόδους δεν είναι πολύ υγιές να υποβάλλονται σε μεγάλες αρνητικές τάσεις.

Για κανονικές διόδους, αυτή η τάση διάσπασης είναι περίπου -50V έως -100V, ή ακόμα πιο αρνητική.

### 4.4 Φύλλα δεδομένων διόδου

Όλα τα παραπάνω χαρακτηριστικά θα πρέπει να αναφέρονται λεπτομερώς στο φύλλο δεδομένων για κάθε διόδο. Για παράδειγμα, αυτό το φύλλο δεδομένων για μια διόδο 1N4148 παραθέτει τη μέγιστη προς τα εμπρός τάση (1V) και την τάση διάσπασης (100V) (μεταξύ πολλών άλλων πληροφοριών):



<b>ELECTRICAL CHARACTERISTICS</b> ( $T_{amb} = 25^{\circ}\text{C}$ , unless otherwise specified)						
PARAMETER	TEST CONDITION	SYMBOL	MIN.	TYP.	MAX.	UNIT
Forward voltage	$I_F = 10\text{ mA}$	$V_F$			1000	mV
Reverse current	$V_R = 20\text{ V}$	$I_R$			25	nA
	$V_R = 20\text{ V}, T_J = 150^{\circ}\text{C}$	$I_R$			50	$\mu\text{A}$
	$V_R = 75\text{ V}$	$I_R$			5	$\mu\text{A}$
Breakdown voltage	$I_R = 100\text{ }\mu\text{A}, t_p/T = 0.01, t_p = 0.3\text{ ms}$	$V_{(BR)}$	100			V
Diode capacitance	$V_R = 0\text{ V}, f = 1\text{ MHz}, V_{HF} = 50\text{ mV}$	$C_D$			4	pF
Rectification efficiency	$V_{HF} = 2\text{ V}, f = 100\text{ MHz}$	$\eta_r$	45			%
Reverse recovery time	$I_F = I_R = 10\text{ mA}, i_R = 1\text{ mA}$	$t_{rr}$			8	ns
	$I_F = 10\text{ mA}, V_R = 6\text{ V}, i_R = 0.1 \times I_R, R_L = 100\text{ }\Omega$	$t_{rr}$			4	ns
<b>ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS</b> ( $T_{amb} = 25^{\circ}\text{C}$ , unless otherwise specified)						
PARAMETER	TEST CONDITION	SYMBOL	VALUE	UNIT		
Repetitive peak reverse voltage		$V_{RRM}$	100	V		
Reverse voltage		$V_R$	75	V		
Peak forward surge current	$t_p = 1\text{ }\mu\text{s}$	$I_{FSM}$	2	A		
Repetitive peak forward current		$I_{FRM}$	500	mA		
Forward continuous current		$I_F$	300	mA		
Average forward current	$V_R = 0$	$I_{F(AV)}$	150	mA		
Power dissipation	$l = 4\text{ mm}, T_L = 45^{\circ}\text{C}$	$P_{tot}$	440	mW		
	$l = 4\text{ mm}, T_L \leq 25^{\circ}\text{C}$	$P_{tot}$	500	mW		

### Ένα φύλλο δεδομένων διόδου

Ένα φύλλο δεδομένων μπορεί ακόμη και να σας παρουσιάσει ένα πολύ οικείο γράφημα τάσης ρεύματος, για περισσότερες λεπτομέρειες για το πώς συμπεριφέρεται η διόδος. Αυτό το γράφημα από το φύλλο δεδομένων της διόδου μεγεθύνει το καμπυλωτό, προς τα εμπρός τμήμα της καμπύλης  $i$ - $v$ . Παρατηρήστε πόσο περισσότερο ρεύμα απαιτεί περισσότερη τάση:

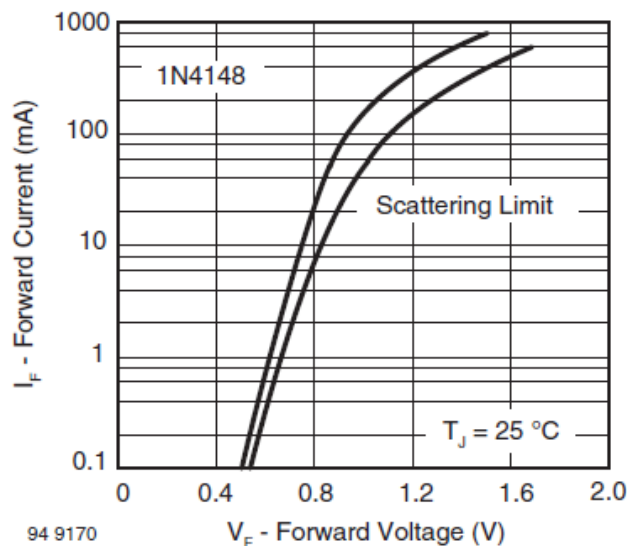


Fig. 2 - Forward Current vs. Forward Voltage

### Γράφημα ρεύματος-τάσης

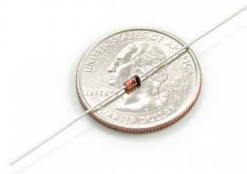


Αυτό το διάγραμμα επισημαίνει ένα άλλο σημαντικό χαρακτηριστικό της διόδου -- το μέγιστο προς τα εμπρός ρεύμα. Ακριβώς όπως κάθε εξάρτημα, οι διόδοι μπορούν να διαλύσουν τόση ισχύ μόνο πριν φυσήξουν. Όλες οι διόδοι πρέπει να αναφέρουν το μέγιστο ρεύμα, την αντίστροφη τάση και τη διαρροή ισχύος. Εάν μια διόδος υπόκειται σε περισσότερη τάση ή ρεύμα από ό,τι μπορεί να αντέξει, περιμένετε να ζεσταθεί (ή χειρότερα, λιώσει, βγάλει καπνό,...). Ορισμένες διόδοι είναι κατάλληλες για υψηλά ρεύματα -- 1A ή περισσότερα -- άλλες όπως η διόδος μικρού σήματος 1N4148 που φαίνεται παραπάνω μπορεί να είναι κατάλληλες μόνο για περίπου 200 mA. Αυτό το 1N4148 είναι απλώς ένα μικρό δείγμα όλων των διαφορετικών ειδών διόδων που υπάρχουν εκεί έξω. Στη συνέχεια, θα διερευνήσουμε τι εκπληκτική ποικιλία διόδων υπάρχει και τι σκοπό εξυπηρετεί κάθε τύπος.

## 5 Τύποι Διόδων

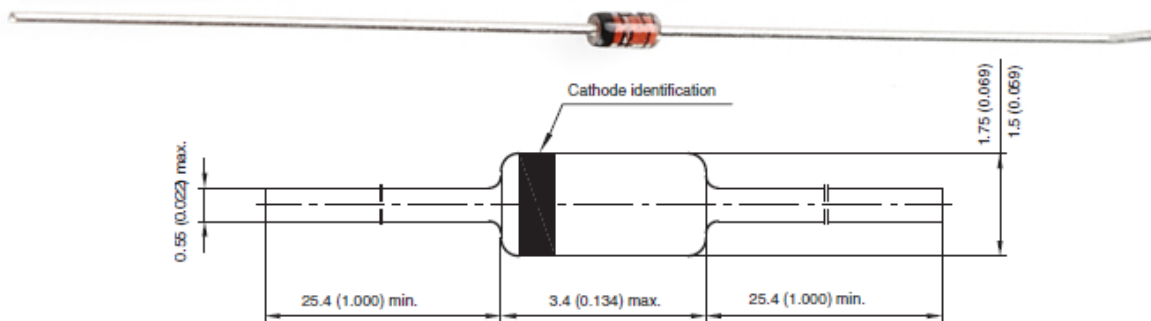
### Κανονικές Διόδους-Διόδους Σήματος

Οι τυπικές διόδους σήματος είναι από τα πιο βασικά, μεσαία, χωρίς διακοσμητικά μέλη της οικογένειας των διόδων. Συνήθως έχουν μέση-υψηλή πτώση τάσης προς τα εμπρός και χαμηλή μέγιστη τιμή ρεύματος. Ένα συνηθισμένο παράδειγμα διόδου σήματος είναι η **1N4148**.



#### Τυπικές διόδους σήματος

Πολύ γενικός σκοπός, έχει μια τυπική πτώση τάσης 0,72 V και μέγιστη ονομαστική τιμή ρεύματος 300 mA.



*Μια διόδος μικρού σήματος, η 1N4148. Παρατηρήστε τον μαύρο κύκλο γύρω από τη διόδο, που επισημαίνει ποιος από τους ακροδέκτες είναι η κάθοδος.*

### 5.1 Διόδους ισχύος

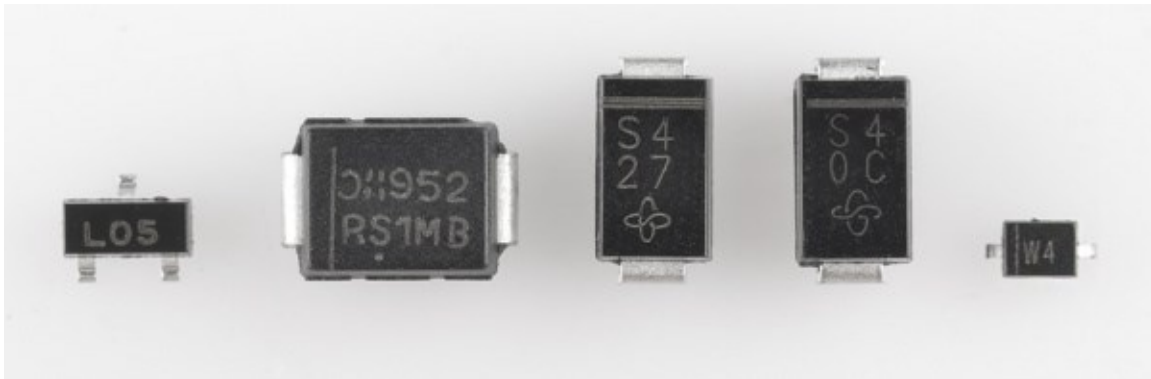
Ένας ανορθωτής ή μια διόδους ισχύος είναι μια τυπική διόδους με πολύ υψηλότερη μέγιστη τιμή ρεύματος. Αυτή η υψηλότερη ονομαστική τιμή ρεύματος έρχεται συνήθως με το

κόστος μιας μεγαλύτερης μπροστινής τάσης. Το 1N4001 είναι ένα παράδειγμα διόδου ισχύος.

Το 1N4001 έχει ονομαστική τιμή ρεύματος 1A και τάση προς τα εμπρός 1,1V.



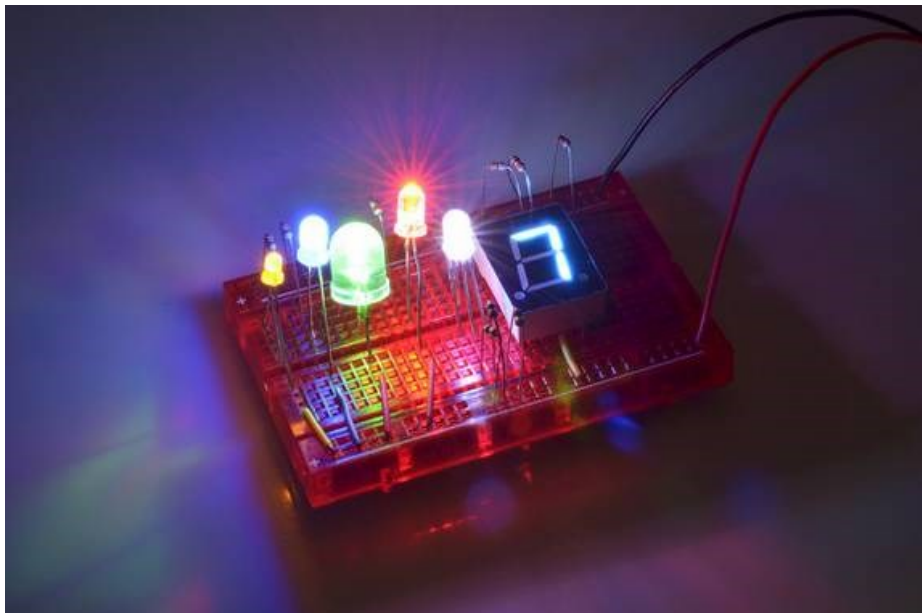
*Μια διάδος PTH 1N4001.*



*Μια διάδος PTH 1N4001. Αυτή τη φορά μια γκρίζα ζώνη υποδεικνύει ποια καρφίτσα είναι η κάθοδος.*

## 5.2 Δίοδοι εκπομπής φωτός (LED!)

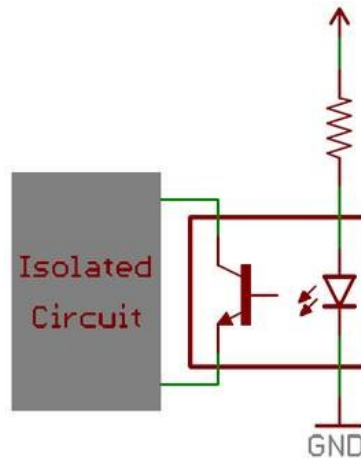
Το πιο φανταχτερό μέλος της οικογένειας διόδων πρέπει να είναι η διάδος εκπομπής φωτός (LED). Αυτές οι διόδοι κυριολεκτικά ανάβουν όταν εφαρμόζεται θετική τάση.



*Μια χούφτα LED διαμπερούς οπής. Από αριστερά προς τα δεξιά: ένα κίτρινο 3mm, μπλε 5mm, πράσινο 10mm, εξαιρετικά φωτεινό κόκκινο 5mm, ένα RGB 5mm και ένα μπλε LED 7 τμημάτων.*

Όπως οι κανονικές δίοδοι, οι λυχνίες LED επιτρέπουν ρεύμα μόνο σε μία κατεύθυνση. Έχουν επίσης μια ονομαστική τάση προς τα εμπρός, η οποία είναι η τάση που απαιτείται για να ανάψουν. Η βαθμολογία VF ενός LED είναι συνήθως μεγαλύτερη από αυτή μιας κανονικής διόδου (1,2~3V) και εξαρτάται από το χρώμα που εκπέμπει το LED. Για παράδειγμα, η ονομαστική τάση προς τα εμπρός ενός Super Bright Blue LED είναι περίπου 3,3V, ενώ αυτή ενός Super Bright Red LED ίσου μεγέθους είναι μόνο 2,2V.

Τις περισσότερες φορές θα βρείτε LED σε εφαρμογές φωτισμού. Ανοιγοκλείνουν και διασκεδάζουν! Αλλά περισσότερο από αυτό, η υψηλή τους απόδοση έχει οδηγήσει σε ευρεία χρήση σε φώτα δρόμου, οθόνες, οπίσθιο φωτισμό και πολλά άλλα. Άλλα LED εκπέμπουν φως που δεν είναι ορατό στο ανθρώπινο μάτι, όπως τα υπέρυθρα LED, τα οποία αποτελούν τη ραχοκοκαλιά των περισσότερων τηλεχειριστηρίων. Μια άλλη κοινή χρήση των LED είναι η οπτική απομόνωση ενός επικίνδυνου συστήματος υψηλής τάσης από ένα κύκλωμα χαμηλότερης τάσης. Οι οπτικοί απομονωτές συνδυάζουν ένα υπέρυθρο LED με έναν φωτοαισθητήρα, ο οποίος επιτρέπει στο ρεύμα να ρέει όταν ανιχνεύει φως από το LED. Παρακάτω είναι ένα παράδειγμα κυκλώματος οπτοαπομονωτή. Σημειώστε πώς το σχηματικό σύμβολο για τη δίοδο διαφέρει από την κανονική δίοδο. Τα σύμβολα LED προσθέτουν μερικά βέλη που εκτείνονται έξω από το σύμβολο.



*An optoisolator*

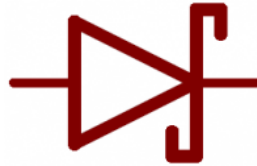
### 5.3 Δίοδοι Schottky

Μια άλλη πολύ κοινή δίοδος είναι η δίοδος Schottky.



*Μια δίοδος Schottky*

Η σύνθεση ημιαγωγών μιας διόδου Schottky είναι ελαφρώς διαφορετική από μια κανονική δίοδο και αυτό έχει ως αποτέλεσμα μια πολύ **μικρότερη πτώση τάσης** προς τα εμπρός, η οποία είναι συνήθως μεταξύ 0,15 V και 0,45 V. Ωστόσο, θα έχουν πολύ μεγάλη τάση διακοπής. Οι δίοδοι Schottky είναι ιδιαίτερα χρήσιμες για τον περιορισμό των απωλειών όταν πρέπει να εξοικονομηθεί κάθε τελευταίο κομμάτι τάσης. Είναι αρκετά μοναδικά για να αποκτήσουν ένα δικό τους σύμβολο κυκλώματος, με μερικές στροφές στο τέλος της γραμμής καθόδου.



*Σύμβολο διόδου Schottky*

#### 5.4 Δίοδοι Zener

Οι δίοδοι Zener είναι το περίεργο απόβλητο της οικογένειας των διόδων. Συνήθως χρησιμοποιούνται για να διεξάγουν σκόπιμα αντίστροφα ρεύματα.

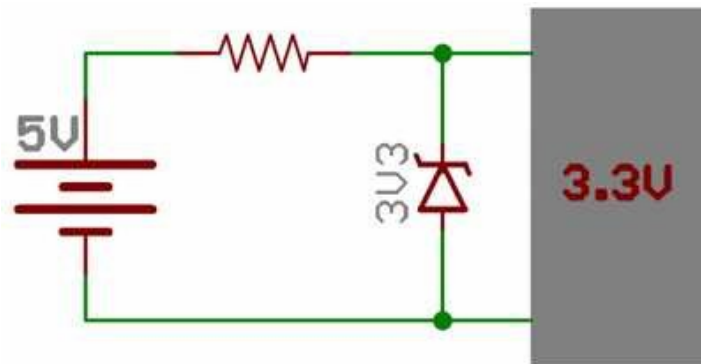


*Μια δίοδος Zener*

Το Zener έχει σχεδιαστεί για να έχει μια πολύ ακριβή τάση διάσπασης, που ονομάζεται τάση διακοπής Zener ή τάση Zener. Όταν αρκετό ρεύμα τρέχει αντίστροφα μέσω του Zener, η πτώση τάσης σε αυτό θα παραμείνει σταθερή στην τάση διακοπής.

Εκμεταλλευόμενοι την ιδιότητα διάσπασής τους, οι δίοδοι Zener χρησιμοποιούνται συχνά για τη δημιουργία μιας γνωστής τάσης αναφοράς ακριβώς στην τάση Zener τους. Μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως ρυθμιστής τάσης για μικρά φορτία, αλλά δεν είναι κατασκευασμένοι για να ρυθμίζουν την τάση σε κυκλώματα που θα τραβούν σημαντικά ποσά ρεύματος.

Το Zener είναι αρκετά ιδιαίτερο για να πάρει το σύμβολο του κυκλώματος του, με κυματιστά άκρα στη γραμμή της καθόδου. Το σύμβολο μπορεί ακόμη και να καθορίσει ποια ακριβώς είναι η τάση Zener της διόδου. Ακολουθεί μια δίοδος Zener 3,3 V που ενεργεί για να δημιουργήσει μια σταθερή αναφορά τάσης 3,3 V:



*Δίοδος Zener 3,3 V που ενεργεί για να δημιουργήσει μια σταθερή αναφορά τάσης 3,3 V*

## 5.5 Φωτοδίοδοι

Οι φωτοδίοδοι είναι ειδικά κατασκευασμένες δίοδοι, οι οποίες συλλαμβάνουν ενέργεια από φωτόνια φωτός (βλέπε Φυσική, κβαντικό) για να παράγουν ηλεκτρικό ρεύμα. Είδος λειτουργίας ως anti-LED.



*Μια φωτοδίοδος BPW34 (όχι το τέταρτο, το μικρό πράγμα πάνω από αυτό). Βάλτε το κάτω από τον ήλιο και μπορεί να παράγει περίπου μερικά  $\mu W$  ισχύος!*

Τα ηλιακά κύτταρα είναι ο κύριος ευεργέτης της τεχνολογίας των φωτοδίοδων. Αλλά αυτές οι δίοδοι μπορούν επίσης να χρησιμοποιηθούν για την ανίχνευση φωτός ή ακόμα και για οπτική επικοινωνία.

## 6. Εφαρμογές Διόδων

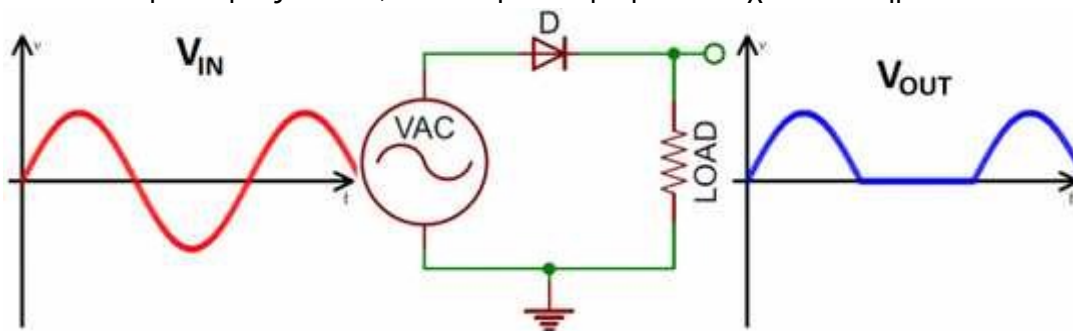
Για ένα τόσο απλό εξάρτημα, οι δίοδοι έχουν μια τεράστια γκάμα χρήσεων. Θα βρείτε μια δίοδο κάποιου τύπου σε κάθε κύκλωμα. Θα μπορούσαν να εμφανίζονται σε οτιδήποτε, από μια ψηφιακή λογική μικρού σήματος έως ένα κύκλωμα μετατροπής ισχύος υψηλής τάσης. Ας εξερευνήσουμε μερικές από αυτές τις εφαρμογές.

### 6.1 Ανορθωτές

Ένας ανορθωτής είναι ένα κύκλωμα που μετατρέπει το εναλλασσόμενο ρεύμα (AC) σε συνεχές ρεύμα (DC). Αυτή η μετατροπή είναι κρίσιμη για όλα τα είδη οικιακών ηλεκτρονικών ειδών. Τα σήματα AC βγαίνουν από τις πρίζες του σπιτιού σας, αλλά το DC είναι αυτό που τροφοδοτεί τους περισσότερους υπολογιστές και άλλα μικροηλεκτρονικά.

Το ρεύμα στα κυκλώματα εναλλασσόμενου ρεύματος εναλλάσσεται -- αλλάζει γρήγορα μεταξύ λειτουργίας στη θετική και αρνητική κατεύθυνση -- αλλά το ρεύμα σε ένα σήμα DC τρέχει μόνο προς μία κατεύθυνση. Έτσι, για να μετατρέψετε από AC σε DC, πρέπει απλώς να βεβαιωθείτε ότι το ρεύμα δεν μπορεί να τρέξει προς την αρνητική κατεύθυνση. Είναι δουλειά των ΔΙΩΔΩΝ!

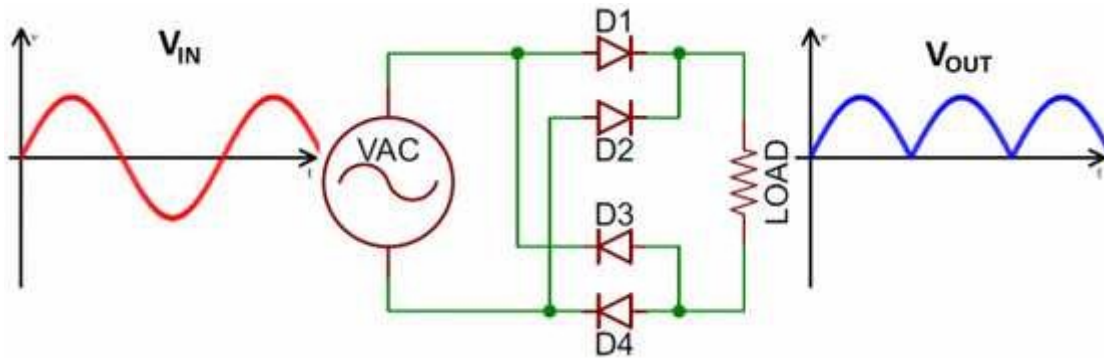
Ένας ανορθωτής μισού κύματος μπορεί να κατασκευαστεί από μία μόνο δίοδο. Εάν ένα σήμα εναλλασσόμενου ρεύματος, όπως ένα ημιτονοειδές κύμα για παράδειγμα, αποστέλλεται μέσω μιας διόδου, οποιοδήποτε αρνητικό στοιχείο στο σήμα αποκόπτεται.



*Κυματομορφές τάσης εισόδου (κόκκινο/αριστερά) και εξόδου (μπλε/δεξιά), αφού περάσουν από το κύκλωμα ανορθωτή μισού κύματος (μέση).*

Ένας ανορθωτής γέφυρας πλήρους κύματος χρησιμοποιεί τέσσερις διόδους για να μετατρέψει αυτά τα αρνητικά εξογκώματα στο σήμα AC σε θετικά εξογκώματα.





**Το κύκλωμα ανορθωτή γέφυρας (μέση) και η κυματομορφή εξόδου που δημιουργεί (μπλε/δεξιά).**

Αυτά τα κυκλώματα είναι ένα κρίσιμο στοιχείο στα τροφοδοτικά AC-to-DC, τα οποία μετατρέπουν το σήμα 120/240VAC της πρίζας σε σήματα 3,3V, 5V, 12V κ.λπ. DC. Εάν σκίσετε ένα **κονδύλωμα τοίχου**, πιθανότατα θα δείτε μια μερικές διόδους εκεί μέσα, να το διορθώνουν.

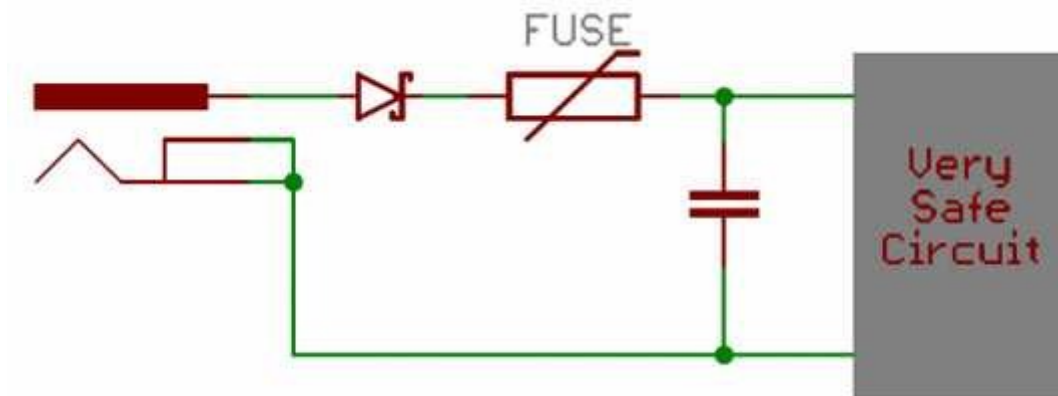


**Μπορείτε να εντοπίσετε τις τέσσερις διόδους που κάνουν έναν ανορθωτή γέφυρας**

## 6.2 Προστασία αντίστροφου ρεύματος

Έχετε κολλήσει ποτέ μια μπαταρία με λάθος τρόπο; Ή να ενεργοποιήσετε τα κόκκινα και μαύρα καλώδια ρεύματος; Αν ναι, μια δίοδος μπορεί να είναι για να σας ευχαριστήσουμε που το κύκλωμά σας εξακολουθεί να είναι ζωντανό. Μια δίοδος τοποθετημένη σε σειρά με τη θετική πλευρά του τροφοδοτικού ονομάζεται δίοδος αντίστροφης προστασίας. Διασφαλίζει ότι το ρεύμα μπορεί να ρέει μόνο προς τη θετική κατεύθυνση και το τροφοδοτικό εφαρμόζει μόνο θετική τάση στο κύκλωμά σας.





#### Προστασία αντίστροφου ρεύματος

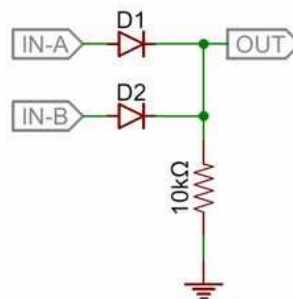
Αυτή η εφαρμογή διόδου είναι χρήσιμη όταν ένας σύνδεσμος τροφοδοσίας δεν είναι πολωμένος, καθιστώντας εύκολη τη σύγχυση και τη σύνδεση της αρνητικής παροχής στο θετικό του κυκλώματος εισόδου.

Το μειονέκτημα μιας διόδου αντίστροφης προστασίας είναι ότι θα προκαλέσει κάποια απώλεια τάσης λόγω της πτώσης τάσης προς τα εμπρός. Αυτό καθιστά τις διόδους Schottky μια εξαιρετική επιλογή για διόδους αντίστροφης προστασίας.

### 6.3 Λογικές Πύλες

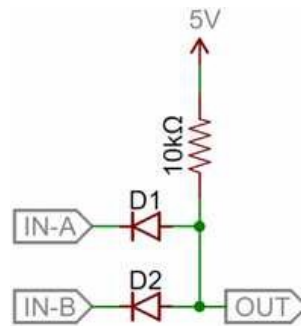
Ξεχάστε τα τρανζίστορ! Απλές ψηφιακές λογικές πύλες, όπως το AND ή το OR, μπορούν να κατασκευαστούν από διόδους.

Για παράδειγμα, μια πύλη OR δύο εισόδων διόδου μπορεί να κατασκευαστεί από δύο διόδους με κοινόχρηστους κόμβους καθόδου. Η έξοδος του λογικού κυκλώματος βρίσκεται επίσης σε αυτόν τον κόμβο. Όταν μια είσοδος (ή και οι δύο) είναι logic 1 (υψηλή/5V), η έξοδος γίνεται επίσης logic 1. Όταν και οι δύο εισόδους είναι logic 0 (χαμηλό/0V), η έξοδος έλκεται χαμηλά μέσω της αντίστασης.



#### Δίοδος δύο εισόδων OR

Μια πύλη ΚΑΙ κατασκευάζεται παρόμοια. Οι άνοδοι και των δύο διόδων συνδέονται, όπου βρίσκεται η έξοδος του κυκλώματος. Και οι δύο εισόδους πρέπει να είναι της λογικής 1 αναγκάζοντας το ρεύμα να τρέξει προς την ακίδα εξόδου και τραβώντας το επίσης ψηλά. Εάν κάποια από τις εισόδους είναι χαμηλή, το ρεύμα από την τροφοδοσία 5V διατρέχει τη δίοδο.



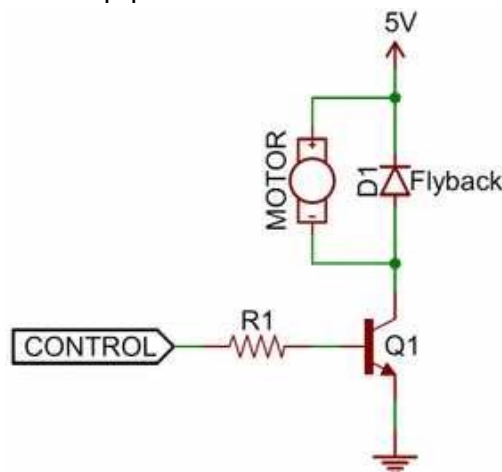
**Δίοδος με πύλη AND**

Και για τις δύο λογικές πύλες, μπορούν να προστεθούν περισσότερες εισόδους προσθέτοντας μόνο μία δίοδο.

## 7. Flyback Diodes και Voltage Spike Suppression

Οι δίοδοι χρησιμοποιούνται πολύ συχνά για τον περιορισμό πιθανής ζημιάς από απροσδόκητες μεγάλες αιχμές στην τάση. Οι δίοδοι μεταβατικής καταστολής τάσης (TVS) είναι ειδικές δίοδοι, όπως οι περισσότερες δίοδοι zen -- χαμηλές τάσεις διάσπασης (συχνά γύρω στα 20 V) -- αλλά με πολύ μεγάλες ονομαστικές ισχύος (συχνά στην περιοχή των κιλοβάτ). Είναι σχεδιασμένα να διακλαδίζουν ρεύματα και να απορροφούν ενέργεια όταν οι τάσεις υπερβαίνουν την τάση διάσπασής τους.

Οι δίοδοι Flyback κάνουν παρόμοια δουλειά στην καταστολή των αιχμών τάσης, ειδικά εκείνων που προκαλούνται από ένα επαγωγικό εξάρτημα, όπως ένας κινητήρας. Όταν το ρεύμα μέσω ενός επαγωγέα αλλάζει ξαφνικά, δημιουργείται μια αιχμή τάσης, πιθανώς μια πολύ μεγάλη, αρνητική ακίδα. Μια δίοδος αναστροφής τοποθετημένη κατά μήκος του επαγωγικού φορτίου θα δώσει σε αυτό το αρνητικό σήμα τάσης μια ασφαλή διαδρομή προς εκφόρτιση, στην πραγματικότητα κυκλώνοντας ξανά και ξανά μέσω του επαγωγέα και της διόδου έως ότου τελικά σβήσει.



**Flyback δίοδος**

Αυτές είναι μόνο μερικές εφαρμογές για αυτό το εκπληκτικό μικρό εξάρτημα ημιαγωγών.

## 8 Συμπέρασμα

Τώρα που έχετε αποκτήσει μια λαβή για τις διόδους, θα θέλατε να εξερευνήσετε περαιτέρω περισσότερους ημιαγωγούς:

- Τρανζίστορ
- LED
- Ή μάθετε για ολοκληρωμένα κυκλώματα, όπως:
  - 555 Χρονοδιακόπτες
  - Λειτουργικοί ενισχυτές
  - Shift Registers

Ή ανακαλύψτε μερικά από τα άλλα κοινά ηλεκτρονικά εξαρτήματα:

- Αντιστάσεις
- Πυκνωτές
- Επαγωγείς
- Ρυθμιστές τάσης