

Κινητήρες μόνιμου μαγνήτη με ψήκτρες.

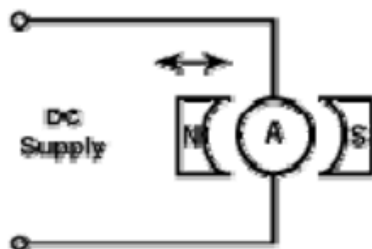
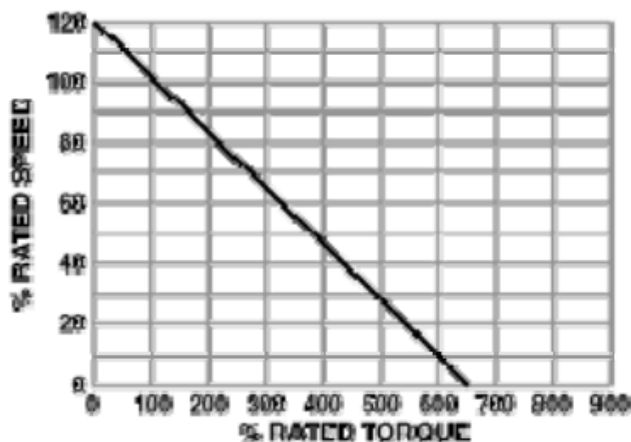
Οι κινητήρες συνεχούς ρεύματος με ψήκτρες και μόνιμους μαγνήτες χρησιμοποιούνται ευρέως σε εφαρμογές που κυμαίνονται από παιχνίδια μέχρι τα ρυθμιζόμενα με διακόπτη μπουτόν καθίσματα αυτοκινήτων.

Οι (BDC) (Brushed Direct current) κινητήρες είναι φθηνοί, εύκολοι στην οδήγηση, και είναι άμεσα διαθέσιμοι σε όλα τα μεγέθη και σχήματα.

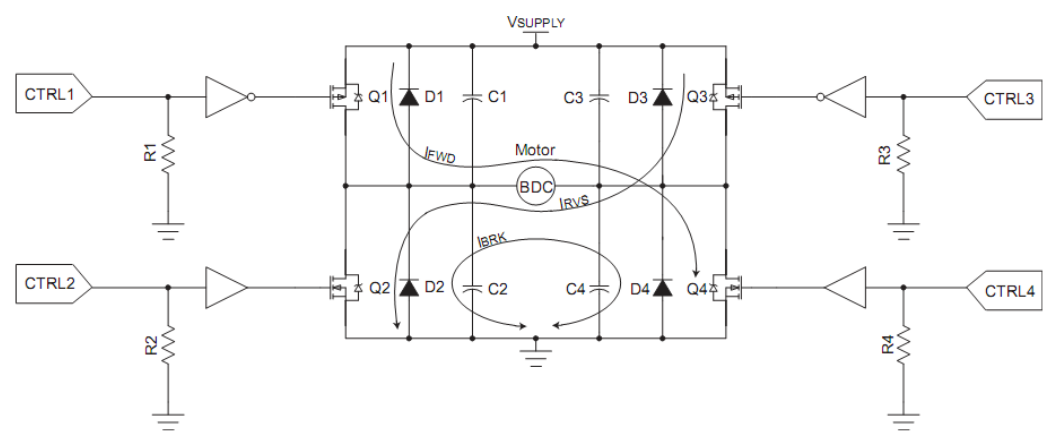
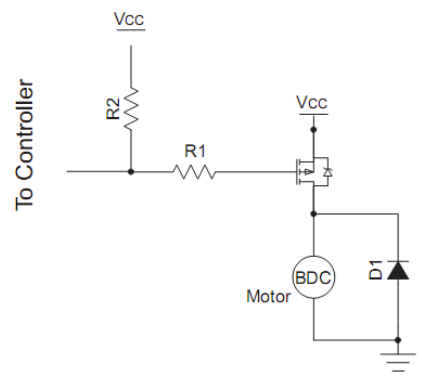
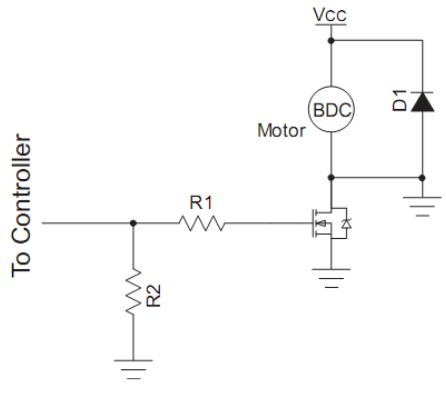
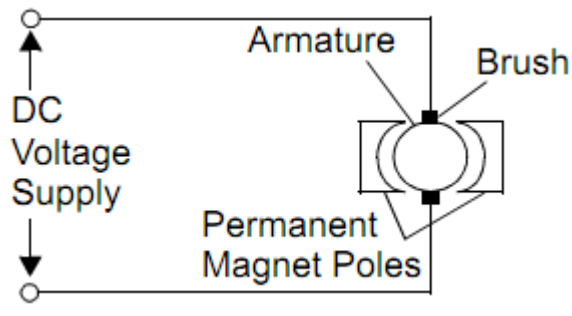
Παρακάτω αναλύεται πώς λειτουργεί ένας τέτοιος κινητήρας πώς μπορεί οδηγηθεί και πώς μπορεί διασυνδεθεί με ένα μικροελεγκτή

Οι κινητήρες μόνιμου μαγνήτη δεν έχουν τυλίγματα πεδίου όπως μαρτυρά και η ονομασία τους αλλά χρησιμοποιούν μόνιμους μαγνήτες για την δημιουργία του πεδίου. Οι κινητήρες αυτοί είναι συνήθως μικρής ισχύος δηλαδή με ισχύ σε κλάσματα του ίππου και έχουν χαμηλό κόστος κατασκευής λόγω της χρήσης στάτου από μόνιμο μαγνήτη.

Προσφέρουν άριστη ροπή εκκινήσεως και την δεύτερη καλύτερη ρύθμιση στροφών μετά τους κινητήρες σύνθετης διέγερσης. Οι εσωτερικές απώλειες που έχουν είναι πολύ λίγες σε σχέση με τους άλλους κινητήρες λόγω της έλλειψης των πηνίων πεδίου. Αυτοί οι κινητήρες μπορούν να φρεναριστούν και να αντιστραφεί η φορά λειτουργίας τους με χαμηλή τάση γύρω στο 10% της ονομαστικής χωρίς φόβο αλλά το ρεύμα αντιστροφής δεν θα πρέπει να ξεπερνάει αυτό που θα διέρρεε τον κινητήρα με σταματημένο δρομέα. Το μειονέκτημα τους είναι η απώλεια των μαγνητικών ιδιοτήτων με τον χρόνο. Αυτό μπορεί να αντιμετωπιστεί με την τοποθέτηση καταλλήλων τυλιγμάτων. Έχουν πολύ καλή γραμμικότητα στην ταχύτητα σε σχέση με την τάση λειτουργίας όπως επίσης και καλή γραμμικότητα στην ροπή σε σχέση με το ρεύμα. Το διάγραμμα της ροπής σε σχέση με την ταχύτητα φαίνεται στο παρακάτω σχήμα.



Κινητήρας μόνιμου μαγνήτη-τυπική καμπύλη ταχύτητας ροπή



	Q1 (CTRL1)	Q2 (CTRL2)	Q3 (CTRL3)	Q4 (CTRL4)
Forward	on	off	off	on
Reverse	off	on	on	off
Coast	off	off	off	off
Brake	off	on	off	on

SPEED CONTROL

The speed of a BDC motor is proportional to the voltage applied to the motor. When using digital control, a pulse-width modulated (PWM) signal is used to generate an average voltage. The motor winding acts as a low pass filter so a PWM waveform of sufficient frequency will generate a stable current in the motor winding. The relation between average voltage, the supply voltage, and duty cycle is given by:

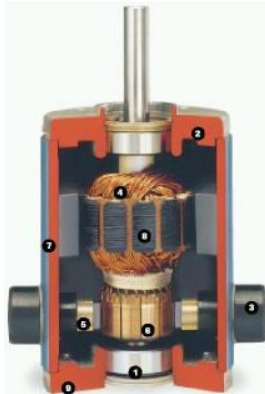
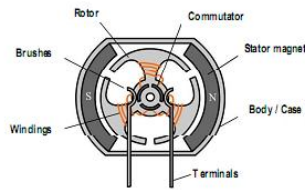
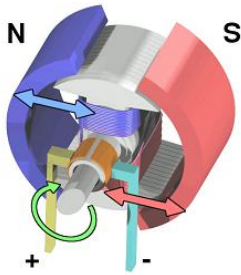
EQUATION 1:

$$V_{AVERAGE} = D \times V_{SUPPLY}$$

Speed and duty cycle are proportional to one another. For example, if a BDC motor is rated to turn at 15000 RPM at 12V, the motor will (ideally) turn at 7500 RPM when a 50% duty cycle waveform is applied across the motor.

The frequency of the PWM waveform is an important consideration. Too low a frequency will result in a noisy motor at low speeds and sluggish response to changes in duty cycle. Too high a frequency lessens the efficiency of the system due to switching losses in the switching devices. A good rule of thumb is to modulate the input waveform at a frequency in the range of 4 kHz to 20 kHz. This range is high enough that audible motor noise is attenuated and the switching losses present in the MOSFETs (or BJTs) are negligible. Generally, it is a good idea to experiment with the PWM frequency for a given motor to find a satisfactory frequency.

So how can a PIC microcontroller be used to generate the PWM waveform required to control the speed of a BDC motor? One way would be to toggle an output pin by writing assembly or C code dedicated to driving that pin⁽¹⁾. Another way is to select a PIC microcontroller with a hardware PWM module. The modules available from Microchip for this purpose are the CCP and ECCP modules. Many of the PIC microcontrollers have CCP and ECCP modules. Refer to the product selector guide to find the devices having these features.



3.3 Motor feedback

3.3.1 Current sense

Low cost motor current measuring is implemented using a current sensing resistor between the MOSFETs and ground (see [Fig 4](#)). The small voltage appearing across the current sense resistor is filtered and amplified, before being fed to an ADC input of the microcontroller. Current is always measured at its highest point, just before the end of the PWM 'on' time. This is accomplished by using an extra Timer match interrupt that starts the AD conversion. The converted value represents the motor current.

In this application note measuring the motor current is used as a safety. In case the motor is in a stalled position, the current will increase dramatically. Due to this exceptional increase in current, the ADC values will reach a current limit level that will cause the system to shut down, avoiding any damages (switch into 'coast' mode).

RPM measurement

Low cost sensorless motor rotation speed feedback is implemented by Back EMF voltage measuring (see [Fig 4](#)). Back electromotive force (also called BEMF) is an electromotive force that occurs in electric motors and generators where there is relative motion between the rotor magnet of the motor and the external magnetic field. In other words, the motor acts like a generator as long as it rotates. The RPM is directly proportional to the back EMF voltage.

Back EMF is measured with the modulated MOSFET switched off ('brake' mode). In this application note the BEMF measurement is used to determine whether or not the motor has completely stopped, before for example the rotation direction is reversed. A voltage divider is used to fit the back EMF voltage (max. 12 V) into the 0 V to 3V3 range of the LPC2101 ADC input.

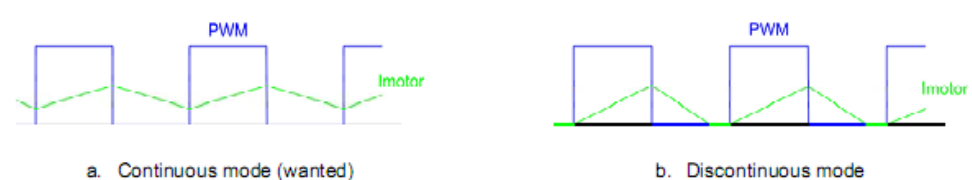
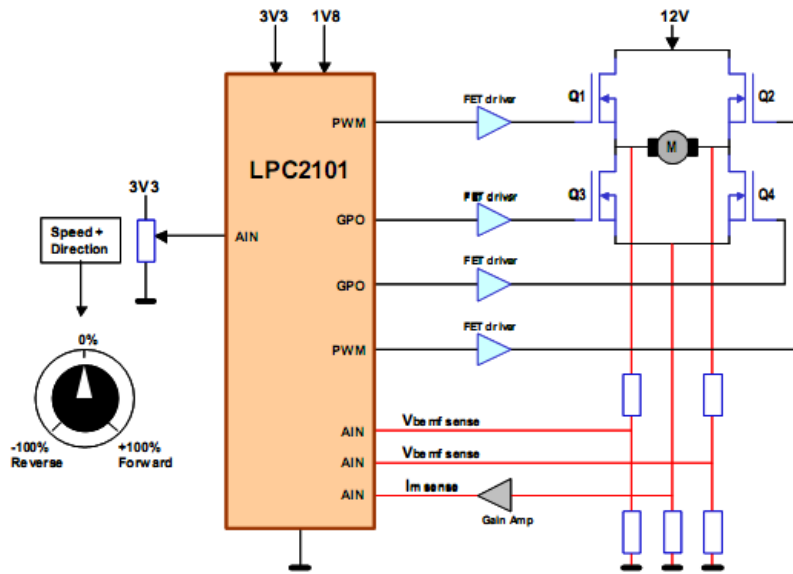
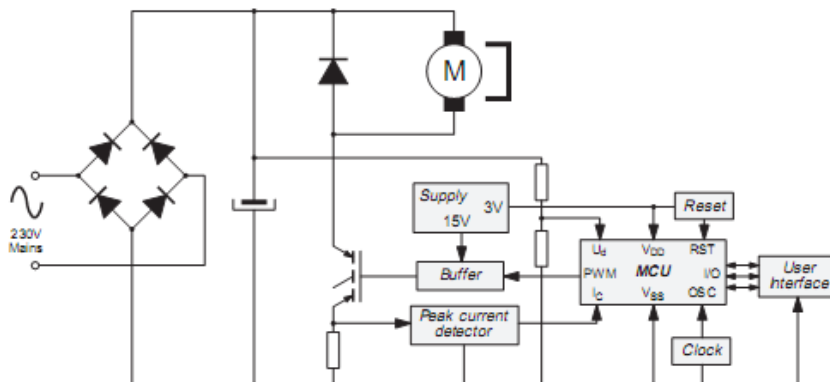
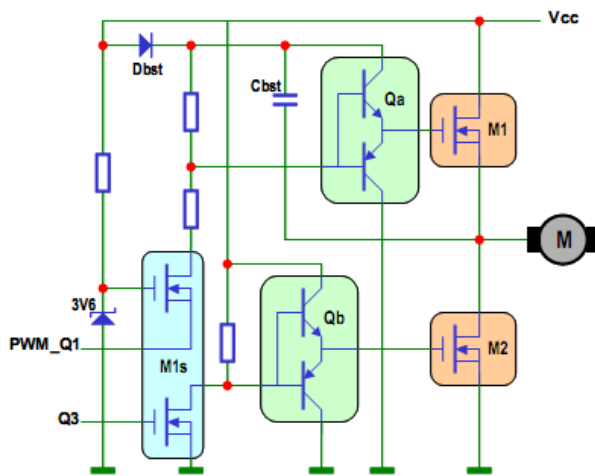


Fig 5. Influence of PWM base frequency



The goals for this laboratory experiment are:

- to fully characterize a small industrial $\frac{1}{4}$ HP 48V Permanent Magnet DC (PMDC) Motor;
- to observe the load characteristics when the motor is supplied from a variable DC source;
- to observe the load characteristics when the motor is supplied from a DC-DC converter with variable duty-cycle.