

Başvuru Raporu**BLDC Motor Kullanan Bir Elektrikli Bisiklet için Donanım Tasarımında Dikkat Edilmesi Gerekenler**

Srivatsa Raghunath

ÖZET

Geleneksel bir bisiklet, iki tekerlektten birini döndüren pedallar aracılığıyla kas gücü sağlayan sürücü tarafından tahrik edilen iki tekerlekli bir araçtır. Sürücü, gerektiğinde aracın ağırlık merkezini sabit bir bölgeye döndüren ve koruyan bir kuvvet oluşturmak için ön tekerleği yönlendirir ve böylece bisikleti dik tutar. Elektrikli bir bisiklet, her iki tekerleğe bağlı bir motora elektrik gücü sağlayan bataryalar taşır. Çoğu elektrikli bisiklette sürücü, benimsenen bir seyahat hızını korumak için gereken tahrik gücünün tamamını, bir kısmını veya hiçbirini sağlamak için kas gücünü kullanmayı seçebilir. Hatta bazı modeller pedal basıncını algılar ve sürücü daha sert pedal çevirdiğinde motora daha fazla güç sağlaması için komut verir.

İçindekiler

1 Giriş	3
2 Motor Seçimi	4
3 Stator	4
4 Rotor	4
4.1 Pil Seçimi	7
4.2 Kontrolör Seçimi	9
5 E-Bisiklet Kontrolörünün Temel Elektriksel Özellikleri	9
5.1 Algılama Mekanizmaları	10
6 Donanım Blokları	11
6.1 Gerilim Düzenleme Devresi	11
6.2 Akü Voltajı Algılama	12
6.3 El Çubuğu Gerilim Algılama	13
6.4 Geri Besleme Akım Algılama	13
6.5 Aşırı Akım Algılama ve Sistem Aşırı Akım Koruma Devresi	14
6.6 Fren Mekanizması	14
7 Hall Sensörü Konum Algılama	15
7.1 Senkronize Olmayan Düzeltme Modu Sırasında P2PWMOUT Kayıt Yapılandırması	17
8 Güç MOSFET ve Entegre Sürücü Devresi	18
8.1 Mikrodenetleyici	18
8.2 Diğer fonksiyonlar	19
8.3 Çeşitli özellik seçimi	19
9 Sonuç	21
10 Referans	21
11 Revizyon Geçmişi	21

Şekillerin Listesi

Şekil 4-1. BLDC Motor Mekanik Yapısı	4
Şekil 4-2. Tipik Denetleyici Blok Diyagramı	9
Şekil 5-1. Tipik E-Bisiklet Blok Diyagramı	10
Şekil 6-1. TPS54360 Şematik	11

Şekil 6-2. Akü Voltajı Algılama Şeması	12
Şekil 6-3. El Çubuğu Gerilim Algılama Şeması.....	13
Şekil 6-4. Geri Besleme Akımı Algılama Şeması	13
Şekil 6-5. Aşırı Akım Koruma Şeması	14
Şekil 6-6. Tipik Fren Dalga Biçimi.....	14
Şekil 6-7. Fren Mekanizması Şeması.....	15

Şekil 7-1. Hall Sensörü Konum Algılama Şeması	15
Şekil 7-2. Hall Sensörü Konum Dalga Biçimi Diyagramı	16
Şekil 8-1. Üç Fazlı Çalışma için DRV8320S Sensörsüz Uygulama Diyagramı	18
Şekil 8-2. Diğer Fonksiyon Şeması	19

Tablolar Listesi

Tablo 1-1. Kütle Aralığı	3
Tablo 2-1. DC Motorlar	4
Tablo 4-1. Aktarma Organları Türleri	6
Tablo 4-2. Mevcut Akü Tipleri	7
Tablo 7-1. İleri Döndürme Sırası	16
Tablo 7-2. Ters Döndürme Sırası	16
Tablo 7-3. İleri Döndürme Sırası	17
Tablo 7-4. Ters Döndürme Sırası	17
Tablo 8-1. Fırçasız DC Kitleri ve Cihazları	21

1 Giriş

Elektrikli bir bisiklet için bir kontrolör, sıfırdan saatte 48 km'ye (30 mph) kadar bisiklet hızlarına karşılık gelen motor hızlarında, sıfırdan tahrik motorunun nominal tepe noktasına kadar değişen güç sağlamalıdır. DC tahrik motorlarında güç, darbe genişlik modülasyonlu (PWM) transistörlerle kontrol edilebilir. AC motorlar değişken frekansa ihtiyaç duyar. Elektrikli bisiklet kontrolünün tasarımı için donanım gereksinimleri öne sürülmüş ve kullanımlarıyla birlikte temel bloklar gösterilmiştir.

Elektrikli bir bisiklette geleneksel bir bisiklet kadrosu, pedallar, kranklar, zincir ve serbest tekerlek düzeneği bulunur. Elektrikli tahrik kas gücünün yerini alır veya onu tamamlar. Bu, bisiklete bir elektrik motoru, dişli redüktörü, batarya ve güç kontrolü ekler. Aşağıda bir elektrikli bisikletin gereksinimleri tanımlanmaktadır:

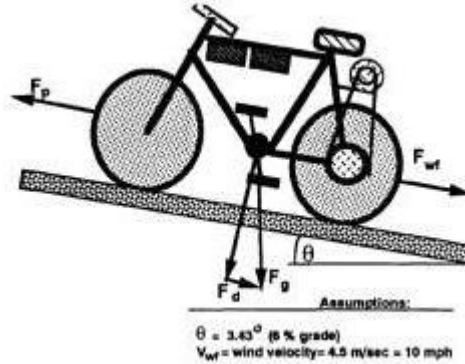
- Bisikletin tamamı en düşük pratik kütleye sahip olmalıdır. Tüm kütle, akü tarafından sağlanan enerji ile tepelerin üzerinden taşınmalıdır. Düşük kütle, akünün yeniden şarj edilmesi arasında daha fazla menzil sağlar.
- Bisiklet stabilitesi bir diğer önemli gerekliliktir. Toplam kütlenin dengeyi etkilemesi gerekmez, ancak kütlenin yerleşimi önemlidir.

Tablo 1-1, tahrik edildiği düşünülen kütle aralığını listelemektedir.

Tablo 1-1. Kütle Aralığı

BİLEŞEN	KG'DE KÜTLE
Bisiklet montajı	10
Motor ve dişli	6
Güç kontrolü	1
Akü	6
Bisikletçi	80
Toplam ağırlık	106

Kütle Aralığı, belirtilen hareket koşulları için gerekli tekerlek torkunu geliştirmek için gereken güç gösterir:



F_{wt} = rüzgar ve sürtünme sürüklemesi

d = yerçekiminden kaynaklanan yokuş aşağı kuvvet

p = tahrik kuvveti = $F_{wt} + F_d V_b$ = bisiklet

hızı = 20

km/saat $F_d = m \sin \theta = 106 \text{ kg} \times 0,06 \times 9,8 = 63 \text{ N}$

$P_d = F \times V_b = 63 \times 5,56 \text{ m/s} = 350$

WRüzgar hızı = 25 km/saat, itme için 30 W güç ekler

Şekil 1-1. Kütle Aralığı

Dolayısıyla bisikleti ve sürücüyü hareket ettirmek için motorun ihtiyaç duyduğu güç 380 W'tır.

2 Motor Seçimi

Tablo 2-1, mevcut farklı DC Motorların karşılaştırmalarını listeler.

Tablo 2-1. DC Motorlar

TİP	AVANTAJLAR	DEZAVANTAJLAR	TİPİK UYGULAMA	Tipik Sürücü
Step DC	Hassas konumlandırma Step DC Yüksek tutma torku	Yavaş hız Bir kontrolör gerektirir	Yazıcılarda ve disket sürücülerinde konumlandırma	Çok Fazlı DC
Fırçasız DC elektrik motoru	Uzun kullanım ömrü Düşük bakım Yüksek verimlilik	Yüksek başlangıç maliyeti Bir kontrolör gerektirir	Sabit diskler CD/DVD oynatıcılar Elektrikli araçlar	Çok Fazlı DC
Fırçalı DC elektrik motoru	Düşük başlangıç maliyeti Basit hız kontrolü	Yüksek bakım (fırçalar) Sınırlı kullanım ömrü	Koşu bandı egzersizleri Otomotiv başlangıçları Oyuncaklar	Doğrudan (PWM)

Tablo 2-1'e göre, avantajları nedeniyle bir BLDC motor seçilebilir.

Fırçasız Doğru Akım (BLDC) motor, hem stator hem de dönüş tarafından üretilen manyetik alanların aynı frekansa sahip olduğu bir senkron motor türüdür. BLDC motor daha uzun ömürlüdür çünkü fırçalara gerek yoktur. Bunun dışında yüksek başlangıç torkuna, yüksek yüksüz hızı ve küçük enerji kayıplarına sahiptir. BLDC motor 1 fazlı, 2 fazlı ve 3 fazlı olarak yapılandırılabilir. Üç fazlı motorlar tüm konfigürasyonlar arasında en popüler olanıdır ve E-bisikletlerde yaygın olarak kullanılmaktadır.

Bir BLDC motorun yapısı iki bölüme ayrılır:

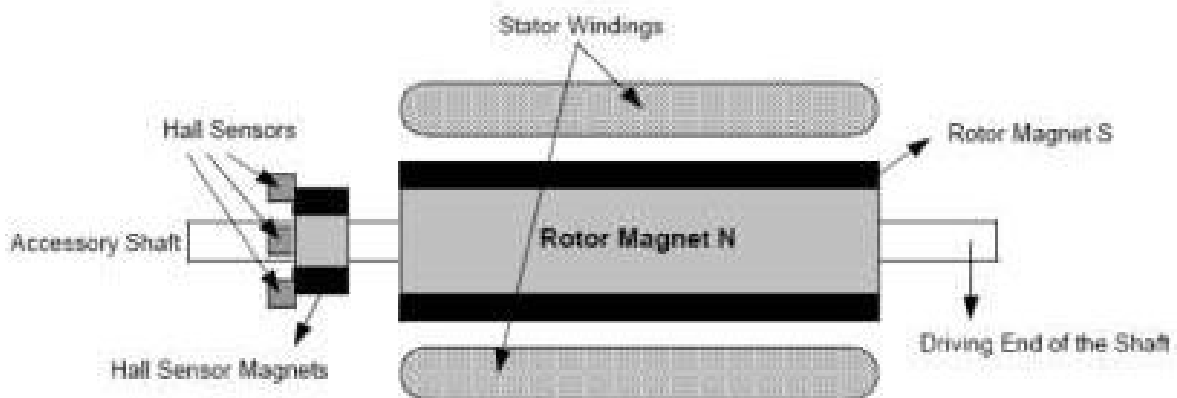
- Rotor adı verilen ve sabit mıknatısla temsil edilen hareketli parça
- Stator olarak adlandırılan ve manyetik devrenin faz sargıları ile temsil edilen sabit parça

3 Stator

Bir BLDC motorun statoru, yarıklara yerleştirilmiş sargılara sahip istiflenmiş çelik laminasyonlardan oluşur. iç çevre boyunca aksel olarak kesilir. Geleneksel olarak stator bir endüksiyon motoruna benzer; ancak sargılar farklı bir şekilde dağıtılır. BLDC motorların çoğunda yıldız şeklinde bağlanmış üç stator sargısı bulunur. Her sargı, bir sargı oluşturmak üzere birbirine bağlanan çok sayıda bobinden oluşur. Bir veya daha fazla bobin yuvalara yerleştirilir ve bir sargı oluşturmak için birbirlerine bağlanırlar. Her sargı, çift sayıda kutup oluşturmak için stator çevresine dağıtılır.

4 Rotor

Rotor sabit mıknatıstan yapılmıştır ve alternatif Kuzey (N) ve Güney (S) kutupları ile iki ila sekiz kutup çifti arasında değişebilir



Şekil 4-1. BLDC Motor Mekanik Yapısı

Fırçalı DC motorun aksine, BLDC motor elektronik olarak kontrol edilebilir. BLDC motoru döndürmek için stator sargılarına özel bir sırayla enerji verilmelidir. Hangi sargının daha sonra enerjilendirileceğini anlamak için rotor konumunun bilinmesi gerekir. Rotor konumu, statora gömülü Hall Effect sensörleri kullanılarak algılanır. Sensörsüz bir yaklaşım da kullanılabilir.

BLDC motorların çoğunda, motorun tahrik edilmeyen ucundaki statora gömülü üç Hall sensörü bulunur. Rotor manyetik kutupları Hall sensörlerinin yakınından her geçtiğinde, N veya S kutbunun sensörlerin yakınından geçtiğini gösteren yüksek veya düşük bir sinyal üretirler. Bu Hall Sensör sinyallerinin kombinasyonuna dayanarak, tam komütasyon sırası belirlenebilir.

Sensörsüz uygulamalar, motor yapısını ve kablolamayı basitleştirdiği için daha popüler hale gelmektedir. Daha gelişmiş bir yazılım gereklidir ancak bu kolayca başarılabilir.

Ebisikletlerin artan popülaritesi nedeniyle, ebisiklet uygulamaları için özel olarak tasarlanmış motorlar artık ticari olarak mevcuttur. Bu motorlar, bir bisiklete nasıl monte edildikleri ve gücün onlara nasıl uygulandığı konusunda büyük farklılıklar göstermektedir. Yukarıda belirtildiği gibi, hem sensörlü hem de sensörsüz tipler mevcuttur.

Aşağıdaki güç aktarma organları ve motor tiplerinin bugün piyasada birden fazla örneği bulunmaktadır:

Kayış tahrikli şanzıman özel olarak tasarlanmış bir motor şasiye alçak bir şekilde monte edilir ve arka tekerleği bir kayış yardımıyla tahrik eder

Doğrudan tahrik (sıralı zincir tahrik) Bu yöntemde motor, sürücünün pedal çevirirken kullandığı zincirle aynı olan birincil bisiklet zinciriyle çalışır. Motor için vites her üreticiye göre değişir.

Özel zincir tahrikli çerçeveye monte motor Bir başka yaygın yöntem de bisiklet kadrosuna arka tekerleğin göbeğinin yakınına, genellikle tek tarafa bir motor monte etmektir. Motorun, arka tekerlekteki bir planet dişlisini tahrik eden kendi küçük zinciri vardır. Bu özel zincir, bisiklet pedalları ile kullanımda kalan birincil bisiklet zincirinden ayrıdır. Dişliler üreticiye veya satış sonrası motor dönüştürme kitine özgüdür.

Tekerleğe **monte edilen** bu motor, bazen *Frizbi* motoru olarak da adlandırılan, bir tekerleğe monte edilmiş bir *gözeleme veya çanak plaka motorudur*

disk motoru veya her iki tekerlek. Bu motorlar her iki tekerleğe de yerleştirilebilir ve sürücünün kullanabileceği gücü etkili bir şekilde iki katına çıkarır. Ancak bu motorlar tekerlekler üzerindeki ağırlığı ve merkezkaç kuvvetini artırır.

Göbe k motor u İdeal olarak, *göbek motoru* terimi bir tekerleğin göbeğinin yerini alan bir motoru ifade eder. Bu bazen düz bir disk motoru olabilir, bazen de bir disk motoru değildir. Her iki durumda da motor, yanına veya yakınına monte edilmek yerine göbeğin yerini alır.

Bu tip elektrikli tahriklerde motor bir tekerleğin çok yakınına yerleştirilir. Motordan bir şaft uzanır

Sürtünme- tabanlı şaft motor ve bu dönen şaft, onunla doğrudan temas halinde dönerek tekerleği tahrik eder. Motor zincir ile etkileşime girmez. Motor için çoklu dişliler nadiren desteklenir.

Dişli şanzıman tarzı şaft tahriki Bu tür elektrikli tahrik, şaft tahrikli bir motosiklet gibidir. Bisikletin zinciri yoktur. Motor ve pedallar, önde ve arkada konik dişlileri olan sızdırmaz ve korumalı bir mile güç uygular. Çoklu dişliler (hızlar) desteklenir.

Tablo 4-1 daha önce açıklanan aktarma organı tiplerini özetlemektedir.

Tablo 4-1. Aktarma Organları

GÜÇ AKTARMA ORGANLARI TİPİ	AVANTAJLAR	DEZAVANTAJLAR
Kayış tahrikli şanzıman	<ul style="list-style-type: none"> Tasarımda büyük ölçüde özelleştirmeye izin verir Sessiz çalışma 	Motor kullanılmadığında pedal çevirme performansını azaltabilir
Doğrudan tahrik (geleneksel hat içi zincir)	<ul style="list-style-type: none"> Ek zincir gerekmez Monokok çerçeveler motoru büyük bir koruma ile gizleyebilir Motor, sürücünün kullanabileceği kadar çok sayıda vitesi devralabilir. Düşük ağırlık merkezi 	<ul style="list-style-type: none"> Zincir üzerinde algılanan (standart) sürtünme Zincir görünür kalır, belki de kire karşı savunmasızdır Gürültü potansiyeli
Özel zincirli çerçeveye monte motor	<ul style="list-style-type: none"> Özel bir zincir komplikasyonsuz iyi bir güç aktarımı sağlayabilir Özel bir zincir komplikasyonsuz iyi bir güç aktarımı sağlayabilir 	<ul style="list-style-type: none"> İkinci bir zincir ve planet dişli gereklidir Motor için birden fazla vites mevcut olabilir veya olmayabilir. Motor için birden fazla vites mevcut olabilir veya olmayabilir.
Tekerleğe monteli disk motoru (gözleme motoru)	<ul style="list-style-type: none"> Şimdiye kadarki en verimli yaklaşım Güç için planet dişlilerine veya dönen şaftlara gerek yoktur Elementlere karşı iyi koruma sağlar 	<ul style="list-style-type: none"> Tekerlekler çok fazla ağırlık bindirir ve yüksek hızlarda potansiyel yol tutuş sorunları ortaya çıkarır. Motor için birden fazla vites mevcut olabilir veya olmayabilir.
Göbek motoru (disksiz)	<ul style="list-style-type: none"> Birincil bisiklet zinciri ile etkileşim gerekmez İlave aktarım gerekmez 	<ul style="list-style-type: none"> Tekerleğe ağırlık ekler Tork faktörleri operasyonel değerlendirmelere girebilir. Yaysız ağırlık veya kütle
Sürtünme tabanlı şaft tahriki	<ul style="list-style-type: none"> Ucuz Montajı kolay Mekanik olarak açık ara en basit konsept 	<ul style="list-style-type: none"> Verimsiz-dişli yok Sürtünme lastikleri aşındırır. Şafta uygulanan basınç zamanla motor fonksiyonlarını zorlayabilir. Motor, yüksek devir hızlarında çok yüksek RPM'leri sürdüremelidir.
Dişli şanzıman tarzı şaft tahriki	<ul style="list-style-type: none"> Çoklu dişliler yaygındır Çoklu dişliler yaygındır 	Lastiklerin değiştirilmesi ve tekerleğin yeniden takılması diğer yöntemlere göre daha zahmetli olabilir

Tablo 4-1'de listelenen bilgilere dayanarak, aşağıdaki performans ayrıntılarına sahip 500 W'lık bir arka göbek motoru seçilmiştir:

- Model HBS36R
- Arka Göbek Motor Voltajı: 36 V (fırçasız)
- Güç Oranı: 500 W
- Ağırlık: 5 Kg

4.1 Akü Seçimi

Amperaj ve voltajdan aralığı hesaplamak için aşağıdaki denklemlere bakın:

$$Ah \text{ (Amper saat)} \times V \text{ (volt)} = Wh \text{ (Watt saat)} \quad (1)$$

480 Wh'lık bir 48-V, 10-AH akü seçin.

$$P \text{ (güç)} = I \times V \text{ (zaman)} \quad (2)$$

$$P \times t = I \times V = \text{Kuvvet} \times \text{mesafe} \quad (3)$$

$$\text{Kuvvet} = \text{kütle} \times \text{ivme} \quad (4)$$

$$\text{Mesafe} = Wh / \text{Kuvvet} \quad (5)$$

$$\text{Mesafe} = Wh / \text{Kuvvet} \quad (6)$$

Elektrikli bisikletler genellikle düz zeminde 30 km/s hız ile sınırlandırılmıştır. Daha büyük bir watt gücü menzili artırır ve yokuş yukarı torku artırabilir, ancak daha büyük bir watt gücü tipik olarak kısıtlanan maksimum hızı artırmaz.

Daha önce listelenen denklemlere göre, 480 Wh'lık bir batarya kabaca toplam 55 km'lik bir menzil sağlayabilir. [Tablo 4-2](#)'de mevcut farklı batarya türlerinin bir karşılaştırması listelenmektedir.

Tablo 4-2. Mevcut Akü Tipleri

GÜÇ AKTARM A ORGANL ARI TİPİ	AVANTAJLAR	DEZAVANTAJLAR
Kurşun-Asit (mühürlü)	<ul style="list-style-type: none"> Ucuz ve üretimi basit Olgun, güvenilir ve iyi bilinen teknoloji Düşük kendi kendine deşarj - kendi kendine deşarj oranı, şarj edilebilir piller arasında en düşük olanlardan biridir. Yüksek deşarj oranlarına uygundur. Düşük kendi kendine deşarj - kendi kendine deşarj oranı, şarj edilebilir piller arasında en düşük olanlardan biridir. Yüksek deşarj oranlarına uygundur. 	<ul style="list-style-type: none"> Boşaltılmış durumda depolanmamalıdır Düşük enerji yoğunluğu - zayıf ağırlık - enerji yoğunluğu Çevre dostu değildir - elektrolit ve kurşun içeriği çevreye zarar verebilir.
Lityum-iyon	<ul style="list-style-type: none"> Ağırlık oranına göre en yüksek enerji yoğunluğu Uzun bir ömür için periyodik bakım ihtiyacını ortadan kaldırır Hafıza etkisi yoktur Seri batarya paketleri için tek hücrelilere göre daha iyi bir maliyet-performans oranı sağlar Hammaddeler açısından çevre için diğer seçeneklere göre tartışmasız daha iyidir - Li-ion-Kobalt, esnek şekil seçenekleriyle en gelişmiş Li-ion teknolojisidir 	<ul style="list-style-type: none"> Tüm lityum-iyon teknolojileri aşırı ısınmayı önlemek için bir koruma devresi gerektirir Tüm lityum-iyon teknolojileri aşırı ısınmayı önlemek için bir koruma devresi gerektirir Aşırı şarj veya deşarj nedeniyle kolayca zarar görebilir

Tablo 4-2. Mevcut Pil Tipleri (devam)

GÜÇ AKTARM A ORGANL ARI TİPİ	AVANTAJLAR	DEZAVANTAJLAR
NiCCD	<ul style="list-style-type: none"> Uzun süreli depolamadan sonra bile hızlı ve kolay şarj Uygun şekilde bakım yapılırsa yüksek sayıda şarj ve deşarj döngüsü İyi yük performansı - NiCD düşük sıcaklıklarda şarj imkanı sağlar Her türlü şarj durumunda uzun raf ömrü Suistimal edildiğinde affedici - NiCD en sağlam şarj edilebilir pillerden biridir Ekonomik fiyatlı - NiCD döngü başına maliyet açısından en düşük maliyetli aküdür. Çok çeşitli boyut ve performans seçenekleri mevcuttur 	<ul style="list-style-type: none"> Yeni sistemlerle karşılaştırıldığında nispeten düşük enerji yoğunluğu Hafıza etkisi - hafızayı önlemek için periyodik olarak NCD egzersizi yapılmalıdır Çevre dostu değildir - NCD toksik metaller içerir Bazı ülkeler NiCD pil kullanımını sınırlandırmaktadır Nispeten yüksek kendi kendine deşarj özelliğine sahiptir - depolamadan sonra yeniden şarj edilmesi gerekir
NiMH	<ul style="list-style-type: none"> Standart bir NiCD'ye göre %30-%40 daha yüksek kapasite. NiMH daha yüksek enerji yoğunlukları için potansiyele sahiptir. NiCD'ye göre hafızaya daha az eğilimlidir. Periyodik egzersiz döngüleri daha az gereklidir Çevre dostu - sadece hafif toksinler içerir; geri dönüşüm için karlıdır NiMH şarj sırasında daha fazla ısı üretir ve NiCD'ye göre daha uzun şarj süresi gerektirir NiCD'den yaklaşık %20 daha pahalı 	<ul style="list-style-type: none"> Sınırlı hizmet ömrü - derin deşarj döngülerinden ziyade sığ deşarj döngüleri tercih edilir Yüksek yük akımları ile tekrarlanan deşarjlar akünün çevrim ömrünü azaltır Yüksek kendi kendine deşarj-NiMH, NiCD'ye göre yaklaşık %50 daha az depolanmış raf ömrüne sahiptir Yüksek sıcaklıklarda depolandığında performans düşer Yüksek bakım - kristal oluşumunu önlemek için düzenli tam deşarj gerektirir

Tablo 4-2'de listelenen bilgilere dayanarak bir Li-ion batarya seçilir. LFP-4810S 48-V, 10-AH batarya aşağıdaki performans özellikleriyle seçilir:

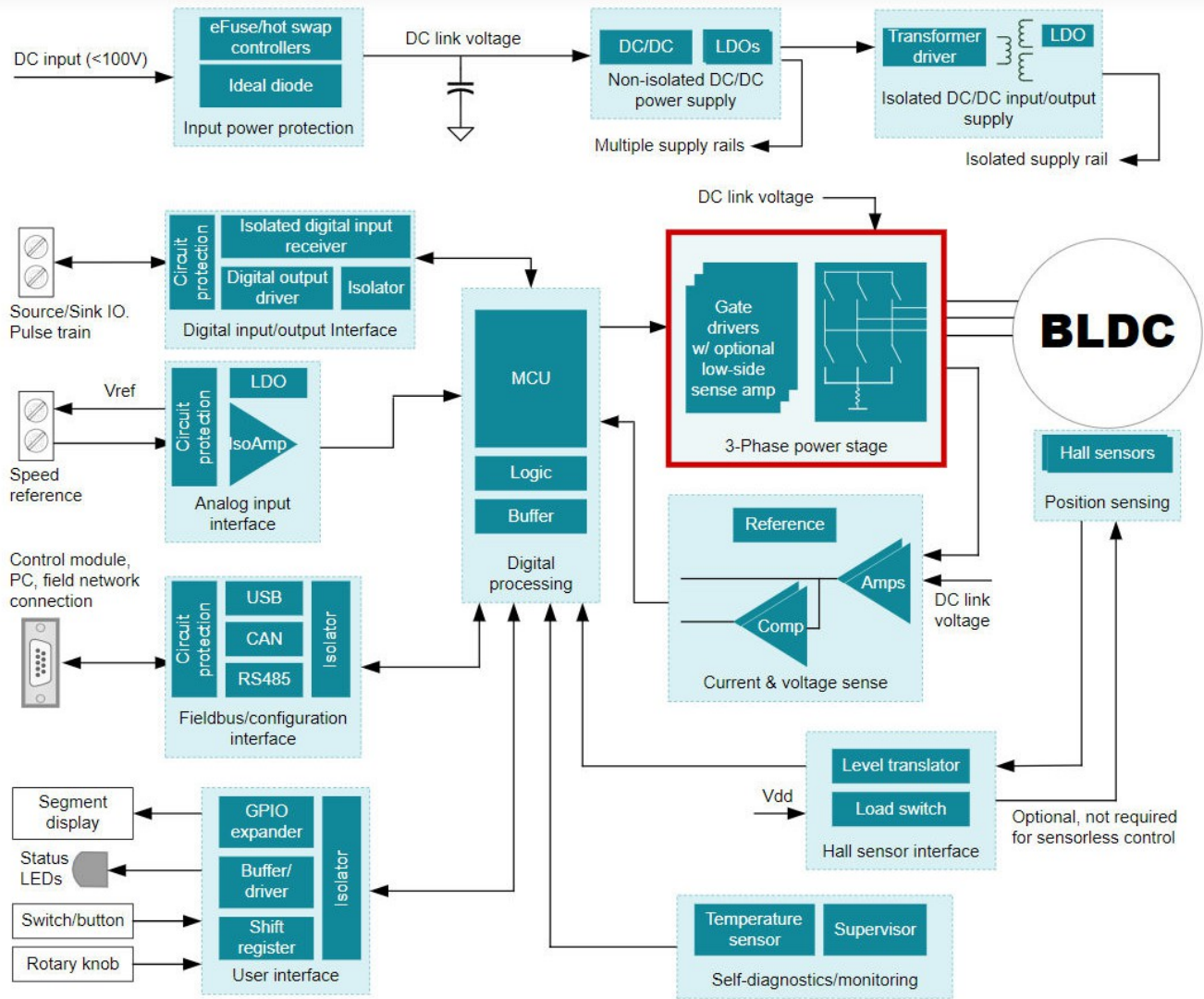
- Maksimum deşarj akımı: 35 A (12 AH) ve 60 A (16 AH)
- Maksimum sürekli deşarj akımı: 20 A (12 AH) an 30 A (16 AH)
- Şarj döngüleri: >800 kez

Bu akü, E-Bisiklet uygulaması için özel olarak tasarlanmış yüksek kapasiteli LiFePO₄ akü paketleridir. Bu aküler hafif (5,5 kg) alüminyum kasa ve güvenli konektör ile birlikte gelir. Aşağıdaki özelliklere sahip evrensel bir şarj cihazı raftan temin edilebilir

- AC giriş: 85 V_{AC} ila 265 V_{AC}
- Şarj cihazı çıkışı: 2 A'da 54 V

4.2 Kontrolör Seçimi

Şekil 4-2'de seçilen motorun tam kontrolü için tipik bir blok diyagramı gösterilmektedir.

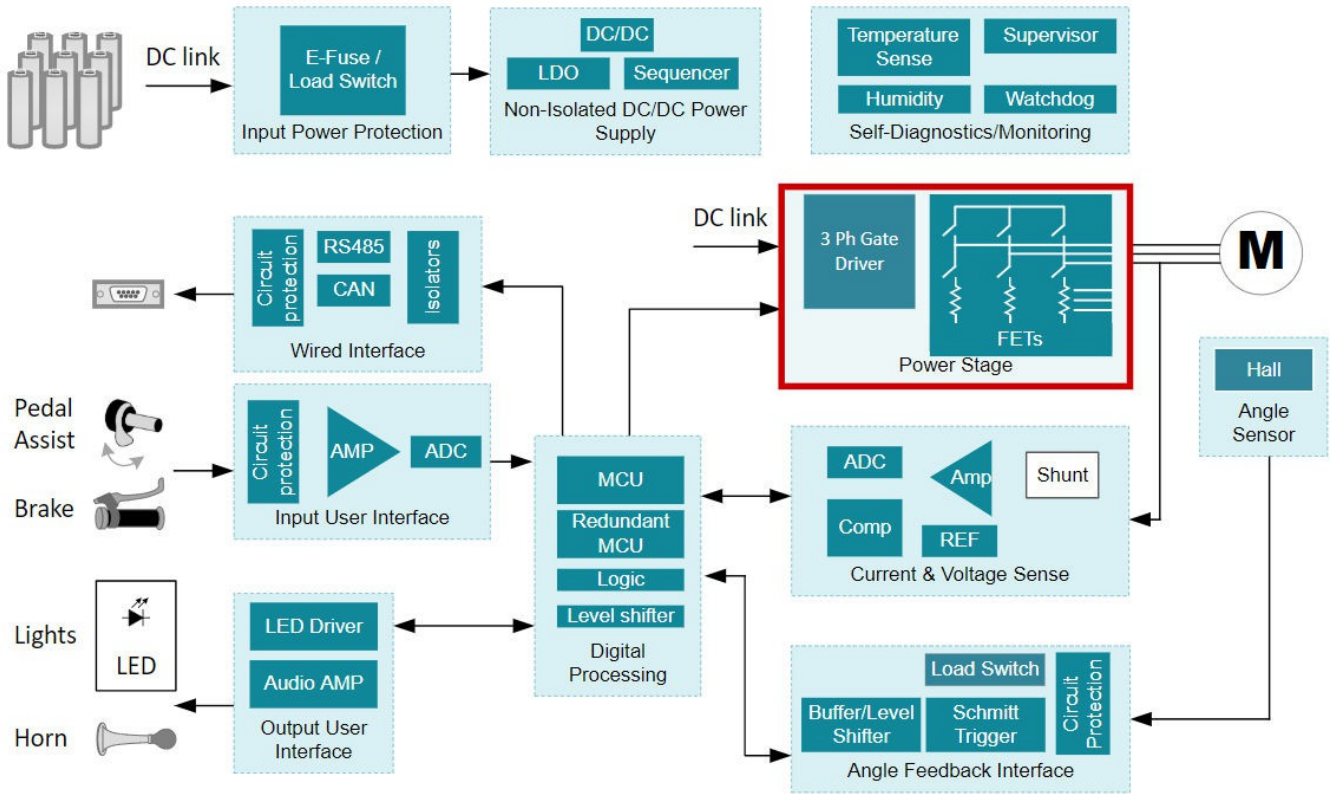


Şekil 4-2. Tipik Denetleyici Blok Diyagramı

5 E-Bisiklet Kontrolörünün Temel Elektriksel Özellikleri

Aşağıda bir E-bisiklet kontrol cihazının temel elektriksel özellikleri listelenmektedir:

- Nominal voltaj: 48 V_{DC} (Li-ion Pil takımı)
- Nominal güç: 500 W
- Motor hızı: Gidon ile 0 ila yaklaşık 30 km/s değişken hız
- Hız sınırlaması: Maksimum 20 km/s (Jumper ile)
- Akü düşük voltaj koruması: 41.5 ± 0.5 V



Şekil 5-1. Tipik E-Bisiklet Blok Diyagramı

5.1 Algılama Mekanizmaları

	HALL-EFFECT SENSÖRÜ	SENSÖRSÜZ (BACK-EMF)
Tip	Rotor alanını doğrudan algılar	Rotor alanını dolaylı olarak algılar
Montaj	Motor içinde veya üzerinde	N/A
Hız aralığı	Tüm hızlar	Orta ila yüksek
Uygulamalar	Sabit ve değişken tork	Değişken tork için en uygun
Motor başlangıçta titriyor	Hayır	Bazen
Maliyet	Orta	Çok düşük
Güvenilirlik	Orta	Yüksek

Seçilen motorda yerleşik Hall Effect sensörleri bulunmaktadır.

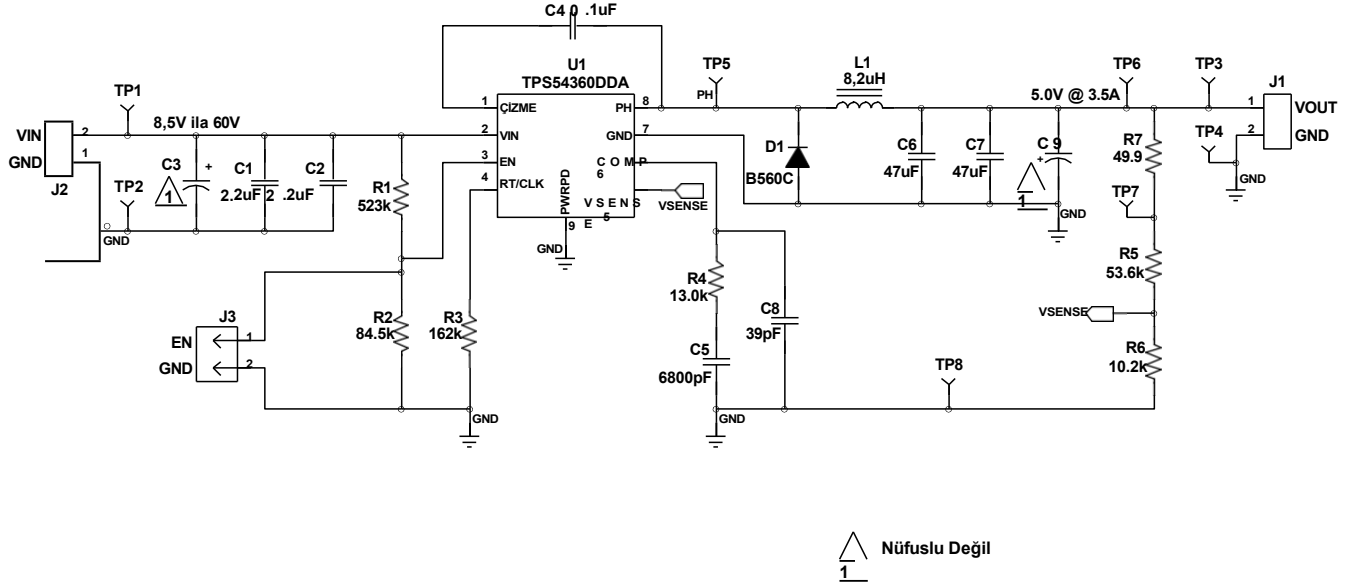
6 Donanım Blokları

6.1 Gerilim Düzenleme Devresi

Bir E-bisiklet sistemi üç güç seviyesine sahiptir. Güç seviyeleri 24V, 36V veya 48V nominal bataryadan yönlendirilir.

- 24V, 36V veya 48 V nominal güç MOSFET'ini doğrudan sürebilir
- 15 V, güç köprüsündeki MOSFET sürücü IC'lerinin güç kaynağını belirtir
- 5 V mikrodenetleyici ve diğer cihazların güç kaynağını belirtir **Şekil**

6-1 tipik bir 5-V buck dönüştürücü aşamasını göstermektedir.



 Nüfuslu Değil

Şekil 6-1. TPS54360 Şematik

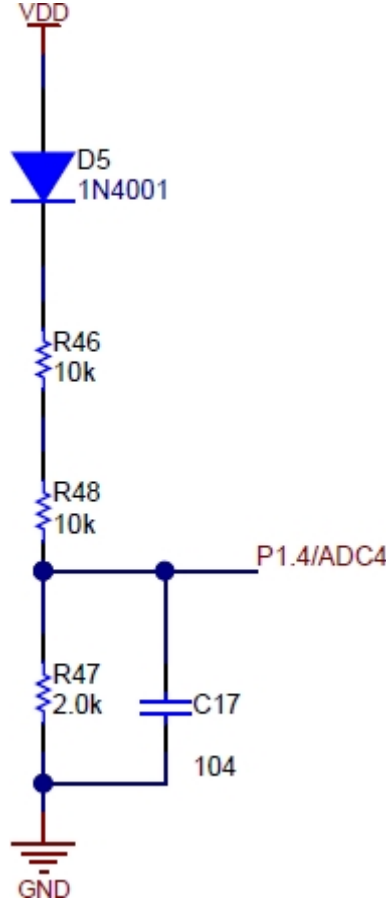
Altta iki voltaj rayı harici bir cihaz kullanılarak veya dahili olarak motor sürücüsünün kendisinde oluşturulabilir.

TPS54360 cihazı, giriş voltajı geçici koruması, tam yük akımında yüksek verimlilik ve E-bisiklet gibi akülü uygulamalar için hafif yük verimliliği sağlar. Cihazın yüksek anahtarlama frekansı, toplam çözüm boyutunun küçük olmasına yol açan küçük pasifleri mümkün kılar.

DRV8323R veya DRV8353R gibi dahili bir Buck regülatörü içeren bir cihazın kullanılması, daha düşük iki sistem voltaj rayından biri motor sürücü cihazının içinde üretilebileceğinden güç tasarımının kolaylaştırılmasına yardımcı olabilir.

6.2 Akü Voltajı Algılama

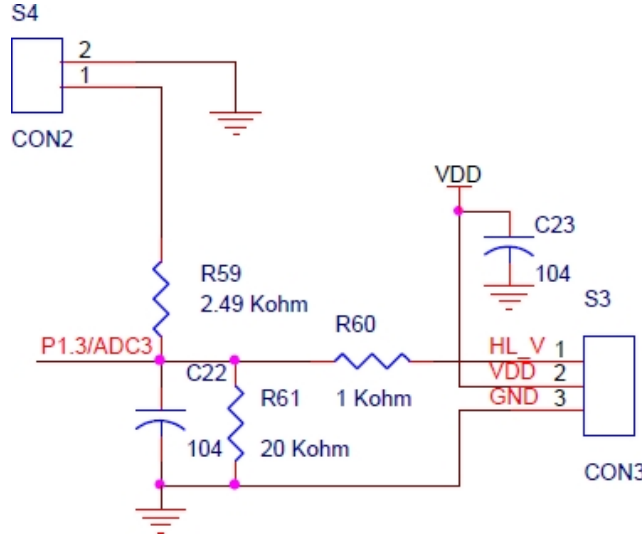
Akünün bir pozitif terminali ve bir negatif terminali vardır. Doğru polarite durumunda, D5 diyotu açılır ve normal gücü sağlar. Yanlış polarite durumunda, D5 diyotu ters voltajdadır ve açılmaz. Diyot, MCU ADC girişi dahil sistemdeki diğer cihazları koruyabilir. ADC sonucu önceden ayarlanmış bir değerden düşükse, düşük voltaj koruması oluşabilir. E-bisiklettteki akü kurşun-asit içerir. Voltaj deşarjı çok düşük olamaz; aksi takdirde voltaj deşarjı aküde kalıcı hasara neden olur. ADC normal çalışma sırasında bu voltajı algılamalıdır. Akü voltajı belirli bir ön ayar değerinden düşükse, MCU düşük voltaj koruma moduna geçecektir.



Şekil 6-2. Akü Voltajı Algılama Şeması

6.3 El Çubuğu Gerilim Algılama

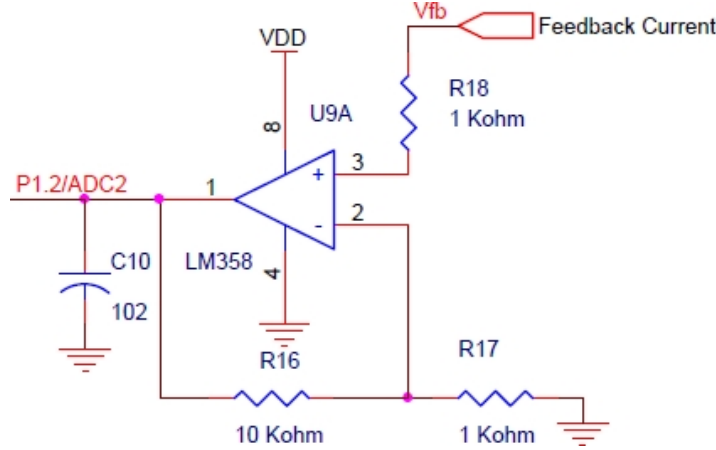
Jumper S4 hız sınırlaması için kullanılır. S4 açıkken R61, R59 ile paralel bağlanır, bu da ADC giriş voltajını S4'ün kapalı olduğu zamandan çok daha düşük yapar.



Şekil 6-3. El Çubuğu Gerilim Algılama Şeması

6.4 Geri Besleme Akım Algılama

Sistem geri besleme akımının ölçümü için bir LM358 op-amp (işlemsel yükselteç) kullanılır. Kazanç kontrol dirençleri (R16, R17) ADC giriş voltajının 0 ila 5 V aralığında olmasını sağlar.



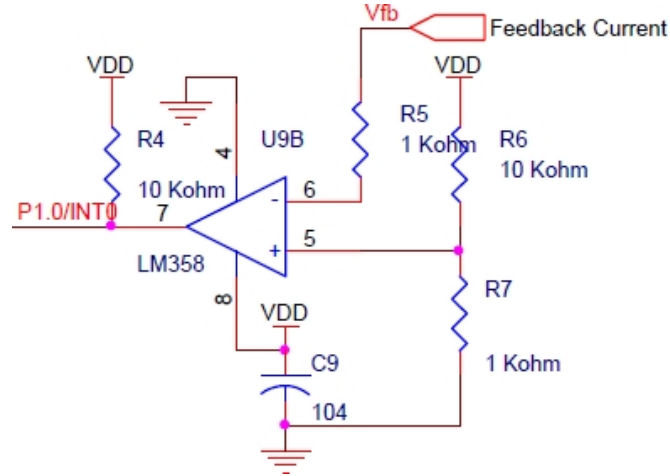
Şekil 6-4. Geri Besleme Akımı Algılama Şeması

6.5 Aşırı Akım Algılama ve Sistem Aşırı Akım Koruma Devresi

Kontrolör iki tür *dış* koşul kullanarak aşırı akımı değerlendirebilir:

- Durum 1: Geri besleme akımı, MOSFET kısa devre veya motor dönüş blokajından kaynaklanabilecek beklenmedik bir değere aniden yükselir.
- Durum 2: Akım, sistem güvenliği için önceden ayarlanmış güvenli bir değerin (genellikle 50 A) üzerindedir.

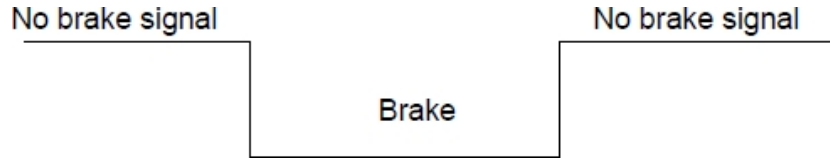
Durum 1, [Şekil 6-5](#)'te gösterildiği gibi harici bir karşılaştırmacı tarafından korunur. Durum 2, geri besleme akımı algılama ile gerçekleştirilir.



Şekil 6-5. Aşırı Akım Koruma Şeması

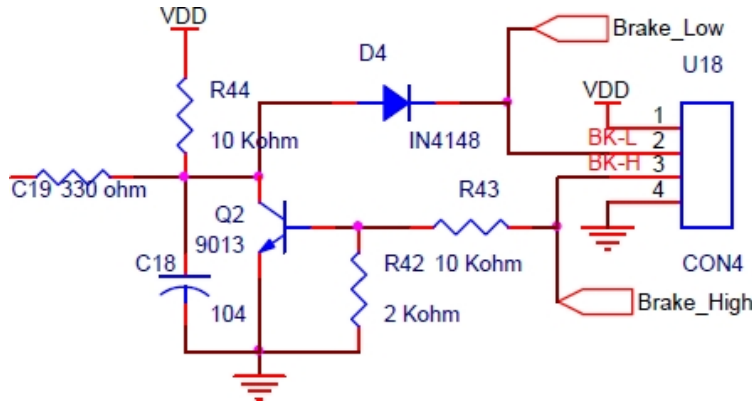
6.6 Fren Mekanizması

Fren mekanizması hem yüksek hem de düşük seviyeli fren sinyallerini destekleyebilir. ADC, fren sinyalinden bağımsız olarak [Şekil 6-6](#)'da gösterilen dalga formuna sahiptir.



Şekil 6-6. Tipik Fren Dalga Biçimi

[Şekil 6-7](#) fren mekanizması devresini göstermektedir.

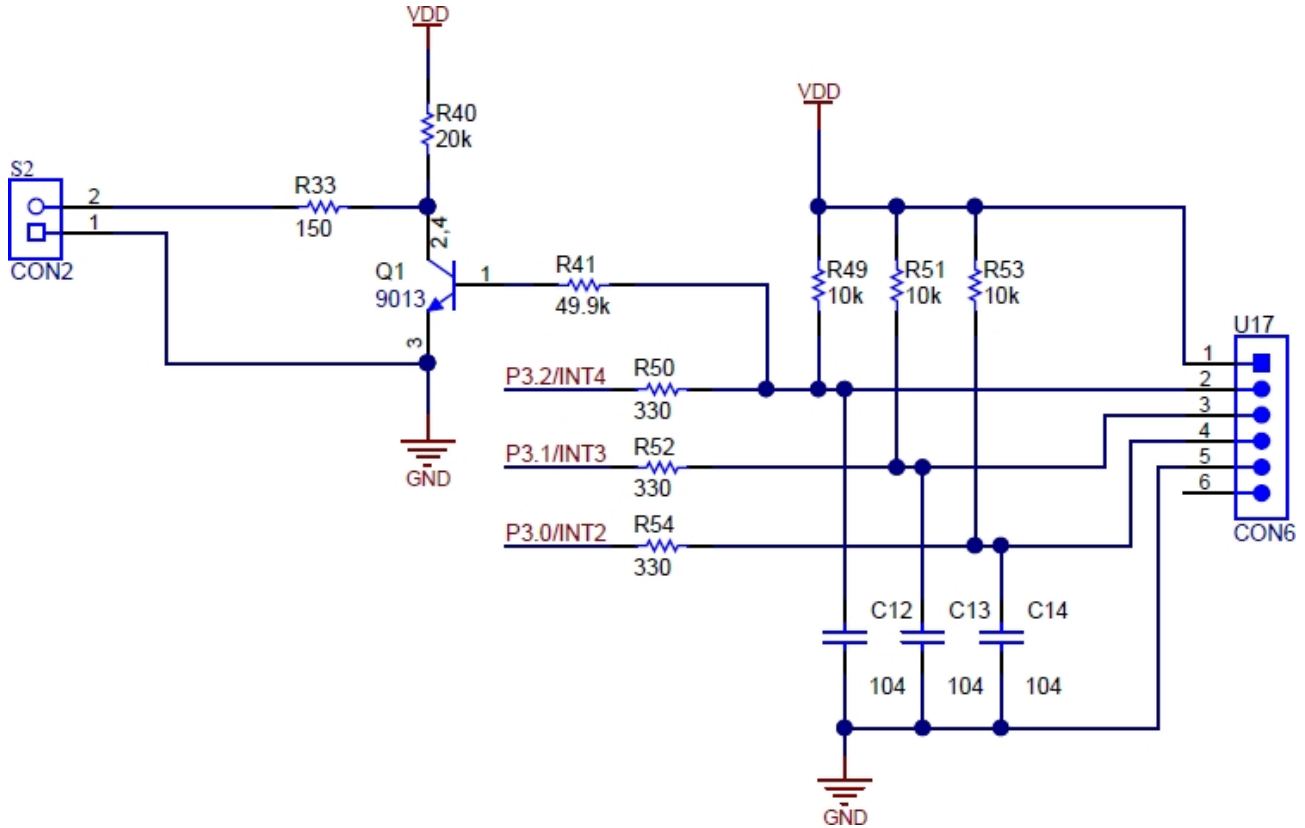


Şekil 6-7. Fren Mekanizması Şeması

7 Hall Sensörü Konum Algılama

Rotor ve dönen alan arasındaki senkronizasyon, rotor konumunun bilinmesini gerektirir. Bu uygulamada kullanılan BLDC motor 3 Hall sensörüne sahiptir.

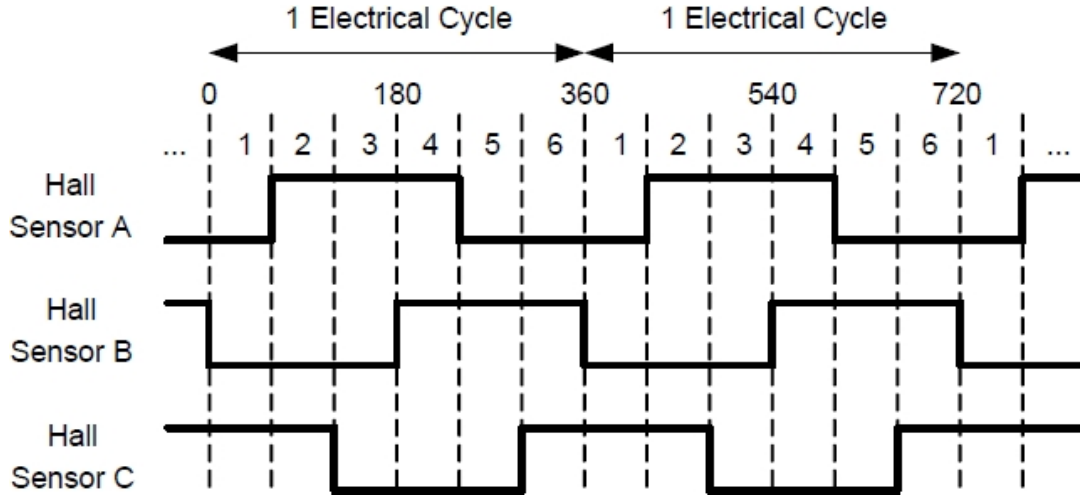
Şekil 7-1 Hall sensörü konum algılama devresini ve hız ölçer devresini göstermektedir.



Şekil 7-1. Hall Sensörü Konum Algılama Şeması

Şekil 7-2 elektrik rotor konumunu tanımlayan sensörlerin çıkış sinyal akışını göstermektedir.

Üç sensörün çıkışı olarak sekiz olası sinyal kombinasyonu kullanılabilir. Bu kombinasyonlardan ikisi konum tespiti için geçerli değildir ve genellikle sensör hattının açık veya kısa olmasından kaynaklanır. Diğer altı kombinasyon hem yükselen hem de düşen kenarda harici kesmeler tarafından algılanacaktır.



Şekil 7-2. Hall Sensörü Konum Dalga Biçimi Diyagramı

Tablo 7-1. İleri Döndürme Sırası

SIRA NO.	HALL SENSÖR GİRİŞİ			AKTİF MOSFET		FAZ AKIMI		
	A	B	C	H-BRIDGE	L-BRIDGE	A	B	C
1	0	0	1	C	B	Kapalı	DC-	DC+
2	1	0	1	A	B	DC+	DC-	Kapalı
3	1	0	0	A	C	DC+	Kapalı	DC-
4	1	1	0	B	C	Kapalı	DC+	DC-
5	0	1	0	B	A	DC-	DC+	Kapalı
6	0	1	1	C	A	DC-	Kapalı	DC+

Tablo 7-2. Ters Döndürme Sırası

SIRA NO.	HALL SENSÖR GİRİŞİ			AKTİF MOSFET		FAZ AKIMI		
	A	B	C	H-BRIDGE	L-BRIDGE	A	B	C
1	0	0	1	B	C	Kapalı	DC+	DC-
2	0	1	1	A	C	DC+	Kapalı	DC-
3	0	1	0	A	B	DC+	DC-	Kapalı
4	1	1	0	C	B	Kapalı	DC-	DC+
5	1	0	0	C	A	DC-	Kapalı	DC+
6	1	0	1	B	A	DC-	DC+	Kapalı

Freewheeling fonksiyonu iki şekilde gerçekleştirilebilir:

- Akımın tamamlayıcı MOSFET'in gövde diyodu tarafından serbest bırakıldığı senkronize olmayan doğrultma
- Akımın doğrudan tamamlayıcı MOSFET tarafından serbest bırakıldığı senkron doğrultma

Bu uygulamada senkron olmayan doğrultma uygulanmıştır. PWM modülü ölü zaman kontrolünü gerçekleştirebilir; dolayısıyla senkron doğrultma da desteklenebilir.

Senkron olmayan doğrultmada, PWM sinyali ile sürülen MOSFET'in tamamlayıcı MOSFET'inin kontrolü gerekli değildir. Böylece, aynı anda yalnızca iki MOSFET çalışır. Aradaki fark, biri hız kontrolü için PWM sinyali ile sürülürken, diğeri tam görev döngüsü PWM ile sürülür. Etki normal bir IO ile aynıdır; bu sadece aktif yüksek ve düşük köprü arasında daha iyi senkronizasyon için bir hiledir. Karşılaştırma verileri PWM modülü için ayarlandığında, IO'lar tarafından uygulandığında bir komut gecikmesi meydana gelse bile tüm PWM çıkışları aynı başlangıç noktasına sahiptir.

7.1 Senkronize Olmayan Düzeltme Modu Sırasında P2PWMOUT Kayıt Yapılandırması

Tablo 7-3, BLDC motor ileri dönerken sıralamayı listeler.

Tablo 7-3. İleri Döndürme Sırası

SEQUEN CE NO.	HALL SENSÖR GİRİŞİ			P2PWMOUT KAYIT YAPILANDIRMASI								
	A	B	C	BIT 7	BIT 6	BIT 5	BIT 4	BIT 3	BIT 2	BIT 1	BIT 0	HEX
1	0	0	1	0	0	X	0	1	X	1	0	2EH
2	1	0	1	1	0	X	0	1	X	0	0	ACH
3	1	0	0	1	0	X	0	0	X	0	1	A5H
4	1	1	0	0	0	X	1	0	X	0	1	35H
5	0	1	0	0	1	X	1	0	X	0	0	74H
6	0	1	1	0	1	X	0	0	X	1	0	66H

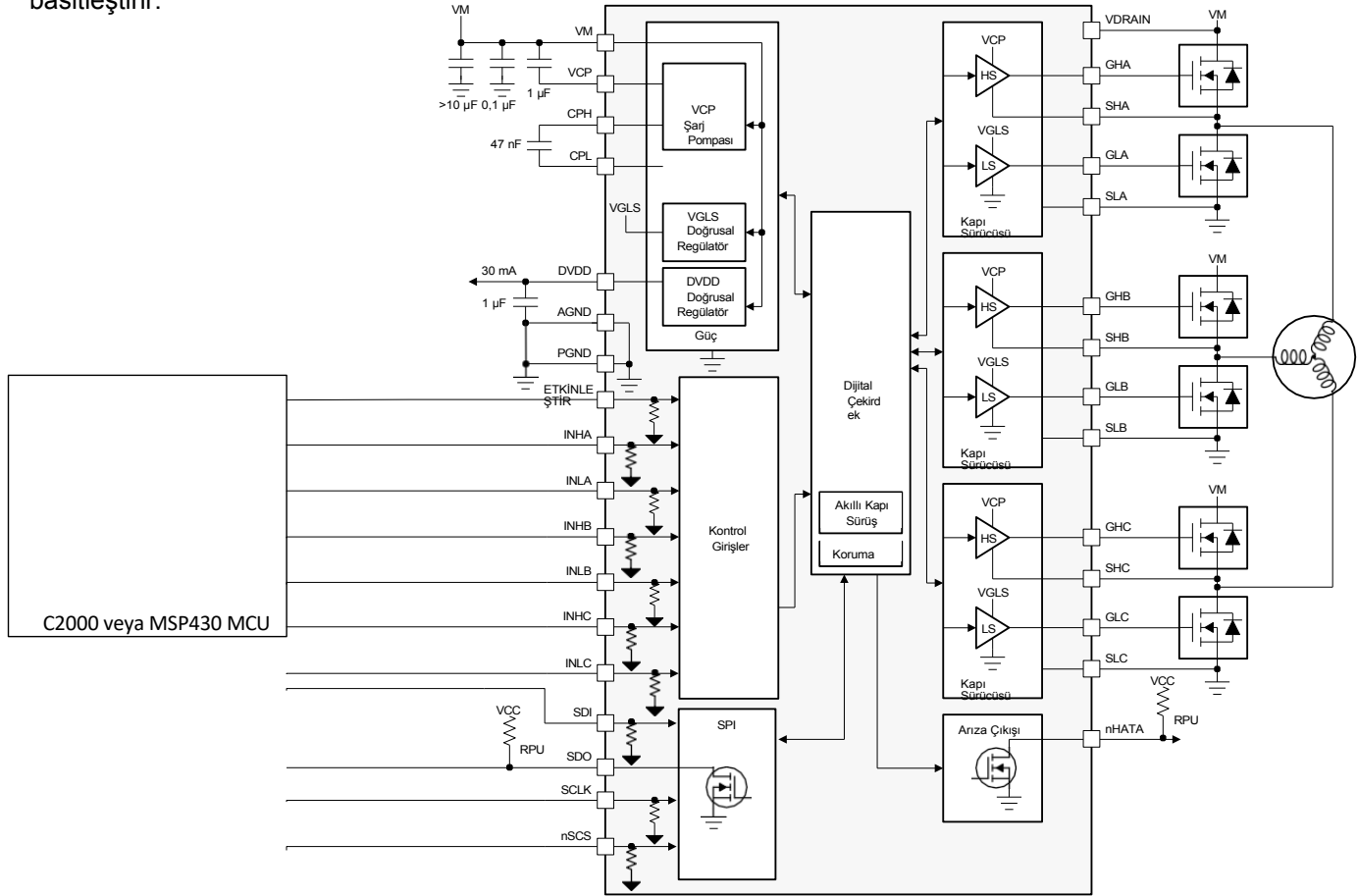
Tablo 7-4, BLDC motor geri veya ters döndüğünde sırayı listeler.

Tablo 7-4. Ters Döndürme Sırası

SEQUEN CE NO.	HALL SENSÖR GİRİŞİ			P2PWMOUT KAYIT YAPILANDIRMASI								
	A	B	C	BIT 7	BIT 6	BIT 5	BIT 4	BIT 3	BIT 2	BIT 1	BIT 0	HEX
1	0	0	1	0	0	X	1	0	X	0	1	35H
2	1	0	1	1	0	X	0	0	X	0	1	A5H
3	1	0	0	1	0	X	0	1	X	0	0	ACH
4	1	1	0	0	0	X	0	1	X	1	0	2EH
5	0	1	0	0	1	X	0	0	X	1	0	66H
6	0	1	1	0	1	X	1	0	X	0	0	74H

8 Güç MOSFET ve Entegre Sürücü Devresi

TI geniş bir motor sürücü yelpazesine sahiptir. Bazı cihazlar harici FET'lere ihtiyaç duyarken diğer cihazlar dahili FET'lere sahiptir. DRV8320 cihazı gibi cihazlar, 3 fazlı BLDC motor sürücüsünün tasarımını verimli bir şekilde basitleştirir.



Sensörless DRV8320S
Örnek

Şekil 8-1. Üç Fazlı Çalışma için DRV8320S Sensörless Uygulama Diyagramı

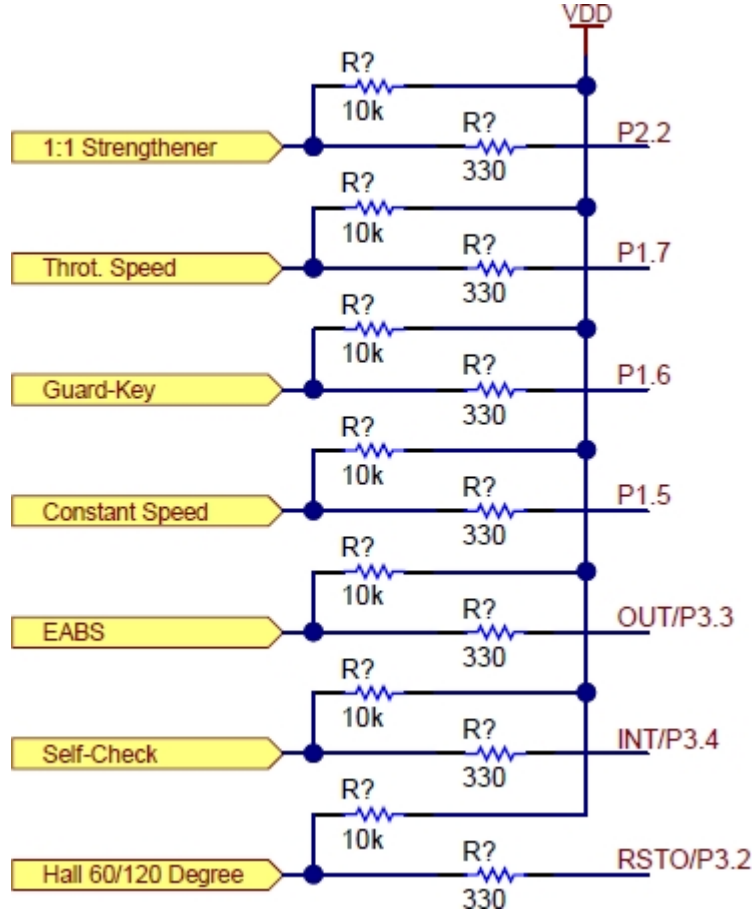
8.1 Mikrodenetleyici

E-bisiklet kontrol sistemi şunları içerir:

- Hall sensörlerinden konum bilgisi almak için üç harici kesme kullanılırken, biri fren mekanizması için kullanılır
- Bir zamanlayıcı, hız bilgisi almak için Hall kesmelerini sabit bir sürede saymak için kullanılır
- Akü voltajını, gidon voltajını ve sistem geri besleme akımını tespit etmek için üç ADC kanalı kullanılır
- PWM çıkışı doğrudan güç köprüsünü kontrol eder. Farklı görev döngüsü farklı araç hızları ile sonuçlanır
- Kalan IO, gelişmiş fonksiyon giriş pinleri veya sistem durumunu gösteren pinler olarak kullanılabilir

TI'nın Piccolo (F280xcx), Delfino (F283xx), Hercules (RM48, RM46) ve Concerto (F28M35x) serisi kontrolörleri tüm bu gereksinimleri kolayca karşılar ve hızlı ve verimli bir kontrolör tasarımı. [InstaSPIN™-BLDC](#) gibi yazılım araçları kontrol algoritması geliştirme sürecini daha da kolaylaştırmaktadır

8.2 Diğer fonksiyonlar



Şekil 8-2. Diğer Fonksiyon Şeması

8.3 Çeşitli özellik seçimi

8.3.1 Güç Kontrolü:

Manuel veya gaz kelebeği kontrolü

bu tür güç kontrolü veya el regülatörü tasarımdan tasarıma büyük farklılıklar gösterebilir, ancak bu yaklaşımda elektrik gücü elle veya başparmakla kontrol edilir ve sürücünün pedal çevirip çevirmediğinden bağımsız kalır

Pedal aktivasyo nu (pedelec)

gelişmiş elektronikler ve çoklu sensörler, elektrikli bisikletlerde gücü kontrol etmek için çok farklı bir yöntemi destekler. Bu yöntem, güç yardımı uygulamak için pedalları kullanır.

- Hızlı gitmek için sert pedal çevirin ve bisiklet daha fazla miktarda elektrik gücü ekler.
- Yavaş gitmek veya daha kolay bir hızı sürdürmek için kolay pedal çevirin ve güç seviyesi de aynı şeyi yapar.
- Kıyıya yanaşmak veya yavaşlamak için sürücü hiç pedal çevirmez ve e-bisiklet elektrik gücü olmadan tepki verir.

Bu, pedal-elektrik kelimesinin kısaltması olan *pedelec* güç kontrol yöntemi olarak bilinir ve pedelec teriminin ortaya çıktığı Avrupa'da en popüler yöntemdir.

Hibrit güç kontrolü

Bu yöntem, manuel ve ayak kontrolünü birleştiren E-bisiklet ve pedelec güç kontrol yöntemlerinin bir kombinasyonudur. Ayrıntılar ve kullanım tasarımdan tasarıma önemli ölçüde değişebilir.

Verimlilik Modları

birçok elektrikli bisiklet iki veya üç verimlilik modunu desteklemektedir.

Ekonomi modu

menzili optimize eder ve akü şarjını önemli ölçüde daha uzun bir süre sürdürür, ancak tork, hızlanma ve belki de yokuş yukarı veya yol dışı performans pahasına.

Tersi mod genellikle *Spor modu*, *güç modu*, *performans modu* veya eşdeğeri olarak adlandırılır. Bu ayar yüksek performanslı hızlanma, tork, daha fazla yük taşıma kapasitesi veya yokuş yukarı performans sağlar. Bunun karşılığında menzil azalır.

8.3.2 Dişliler ve Verimlilik

Tüm elektrikli bisikletler elektrik motoru içinde birden fazla vites sunmaz. Bu gibi durumlarda, motor için tek bir vites, özellikle yokuş tırmanırken verimliliği azaltır. Değiştirilebilir vitesler yokuş tırmanmayı kolaylaştırır ve motorunuzun ömrünü ve performansını uzatır. Bir arabadaki tek bir vites, iyi bir tepe tırmanışını ve verimli üst hızları imkansız hale getirecektir. Tepelere tırmanırken ve hızlanırken motora daha fazla güç eklemek mümkündür, ancak bu tek başına verimli bir yaklaşım değildir.

Tek vitesli bir dişli, daha ağır ve muhtemelen daha pahalı bir akü veya akü seti taşımanızı gerektirebilir. Ayrıca, bir elektrik motorunun aşırı yüklenmesi ısı yaratır, bu da elektronik aksamalara ve motorlara zarar verebilecek ve ürünün ömrünü azaltabilecek boşa harcanan enerjidir. Motor için dişlilere sahip olmak daha iyi performans destekler, daha fazla verimlilik yaratır ve ürün için daha uzun bir ömür sağlar.

8.3.3 Rejeneratif Frenleme

Hibrit-elektrikli veya tamamen elektrikli otomobiller rejeneratif frenleme yapabilir ve bunun sağladığı kazançlardan faydalanabilir. Bu tür frenleme, bir elektrik motorunun tasarımını, frenleme uygulandığında bataryayı kısmen şarj edebilecek şekilde değiştirir.

Bu durum çoğunlukla durmak için fren yaparken veya yokuş aşağı inerken meydana gelir. Böyle bir işlev elektrikli bir aracın menzilinı artırabilir.

Elektrikli veya hibrit bir otomobil, rejeneratif frenlemeyi çeşitli nedenlerle destekleyebilir; bunların başlıcaları daha ağır araçlar olmaları, daha ağır yükler taşıyabilmeleri ve daha pahalı olmalarıdır.

Buna karşılık, rejeneratif frenleme elektrikli bisikletler için farklı bir öneri haline gelebilir. Bazı yeni modeller rejeneratif frenleme özelliğine sahiptir. Aşağıdaki faktörleri göz önünde bulundurun:

- Rejeneratif frenlemeyi entegre etmek için bir motorun daha karmaşık olması gerekir.
- Elektronik, rejeneratif frenlemeyi hesaba katmalıdır, bu da onu daha karmaşık hale getirir.
- Üretim daha yoğundur ve bileşenler daha pahalıya mal olur.
- Ortaya çıkan maliyete diğer faktörler yardımcı olmadığı sürece tüketiciye yansıyan fiyat daha yüksek olacaktır.

8.3.4 Elektrikli Bisikletlerin Alternatif Enerji ile Şarj Edilmesi

Bu yaklaşıma yatırım yapmaya istekli olanlar için güneş veya rüzgar teknolojisi elektrikli bisikletlerin şarj edilmesini destekleyebilir. Bu yaklaşım aşağıdaki yollardan biriyle oluşturulabilir:

- Güneş enerjisi tasarımı, özel bir güneş enerjisi şarj istasyonu inşa etmek için yeterince iyi yapılmıştır
- Bazen elektrikli bisikletler için özel olarak üretilmiş bir şarj istasyonu olarak da kullanılabilen bir güneş veya rüzgar enerjisi kitine yatırım yapın

8.3.5 Uygun Frenler

Elektrikli bisikletlerin artan ağırlığı ve hızı göz önüne alındığında, geleneksel jant frenleri özellikle ıslak zeminde yeterli durdurma gücü sağlamayabilir. Disk frenler daha uzun ömürlüdür, daha az bakım gerektirir ve ıslak koşullarda çok iyi çalışır. Rejeneratif frenleme kısmen mevcuttur.

8.3.6 Akü ve Motor Konumu

Alçak bir ağırlık merkezi üstün yol tutuşu sağlayabilir ve sağlayacaktır, ancak bazı çok popüler bisikletlerde selenin arkasındaki bisiklet rafında en az bir akü (iki paket halinde) bulunması nadir değildir. Bu akü genellikle iki aküden daha küçük olanıdır.

8.3.7 Performans Süspansiyonu

Elektrikli bisikletlerin daha yüksek hızı ve ağırlığı, normal bisikletlerinkini aşan bir süspansiyon ihtiyacı yaratır. Yüksek kaliteli, markalı bir ön ve arka süspansiyon, sürücünün vücudunu daha yüksek hızlarda rahat tutar ve elektronik aksamı korur.

8.3.8 Işıklar

Su geçirmez farlar, görebileceğiniz ve görülebileceğiniz anlamına gelir ve yüksek wattlı bir elektrikli bisiklete entegrasyon, önceki nesil farlara göre parlaklığı ve kullanım ömrünü artırır. Entegrasyon, ayrı pillere veya kinetik tabanlı ışık üretimine olan ihtiyacı ortadan kaldırır.

8.3.9 Kompozit Jantlar ve Jantlar

Mümkün olduğunca çok bileşenin hafif olması, sürücü ve yük için mevcut gücü artırır. Ancak kalite, güç ve güvenlikten ödün verilmemelidir. Jantlar ve göbekler için en yeni malzemelerden elde edilen kazanımları düşünün. Hafif malzemeler, gerçekten son teknoloji olduğunda, güçten ödün vermeden performansı artırabilir.

8.3.10 Hazır BLDC Motor Kontrol Referans Tasarımları

Tablo 8-1. Fırçasız DC Kitleri ve Cihazları

EVM Kiti	Motor Sürücüsü	Nominal Akü Voltajı	Sürücü Özellikleri	Kontrol MCU'su	KONTROL TEKNİĞİ
BOOSTXL- DRV8320x	DRV8320	24V/36V	Akıllı Kapı Sürücüsü	MSP430F5529	Trapezoidal Sensörlü/Sensörsüz
BOOSTXL- DRV8323x	DRV8323R	24V/36V	Akıllı Kapı Sürücüsü, Dahili Buck regülatörü, 3x Akım Algılama Amplifikatörü	TMS320F28027F	Alan Odaklı Kontrol, Trapezoidal Sensörlü / Sensörsüz
DRV8350x-EVM	DRV8350	24V/36V/48V	Akıllı Kapı Sürücüsü	MSP430F5529	Trapezoidal Sensörlü/Sensörsüz
DRV8353Rx-EVM	DRV8353R	24V/36V/48V	Akıllı Kapı Sürücüsü, Dahili Buck regülatörü, 3x Akım Algılama Amplifikatörü	TMS320F28027F	Alan Odaklı Kontrol, Trapezoidal Sensörlü / Sensörsüz
DRV8343x-Q1EVM	DRV8343-Q1	24V/36V	Otomotiv Q100, Akıllı Kapı Sürücüsü	TMS320F28027F	Alan Odaklı Kontrol, Trapezoidal Sensörlü / Sensörsüz

Yukarıdaki EVM'lerin hepsinin "H" veya "S" varyantlarında mevcut olduğunu unutmayın. "H" cihazı, harici bir direnç aracılığıyla cihaz ayarlarının donanım kontrolünü sunar. "S" cihazı, standart EVM GUI yazılımı aracılığıyla cihaz ayarlarının SPI kontrolünü sunar.

9 Sonuç

Bu uygulama raporu, elektrikli bisiklet tasarımı için donanım tasarım kılavuzlarını listeler. Bu rapor aynı zamanda motor seçimi, batarya seçimi ve kontrolör seçimi gibi elektrikli bisikletin ana bileşenlerinin etkili bir şekilde seçilmesi için tasarım kriterlerini de listelemektedir. Kontrolör için ek koruma özelliklerinin yanı sıra şık bir elektrikli bisiklet tasarlamak için çeşitli mekanik bileşen seçimleri de listelenmiştir. Mikrodenetleyici seçimi kullanıcıya bırakılmıştır. TI, bu tasarım için birçok seçeneğe sahiptir ve ilgili TI mikrodenetleyicisini desteklemek için ilgili uygulama ekibine sahiptir.

10 Referans

1. *Elektrikli Bisikletler: Tasarım ve Kullanım Kılavuzu* (Morchin ve Henryoman, 2005)
2. [InstaSPIN™-BLDC](#)

11 Revizyon Geçmişi

NOT: Önceki revizyonların sayfa numaraları mevcut versiyondaki sayfa numaralarından farklı olabilir.

Revizyon A'dan (Haziran 2019) Revizyon B'ye (Haziran 2021) değişiklikler

Sayfa

- Belge boyunca tablolar, şekiller ve çapraz referanslar için numaralandırma formatı güncellenmiştir.....**3**

ÖNEMLİ BİLDİRİM VE FERAGATNAME

TI PROVIDES TECHNICAL AND RELIABILITY DATA (INCLUDING DATA SHEETS), DESIGN RESOURCES (INCLUDING REFERENCE DESIGNS), APPLICATION OR OTHER DESIGN ADVICE, WEB TOOLS, SAFETY INFORMATION, AND OTHER RESOURCES "AS IS" AND WITH ALL FAULTS, AND DISCLAIMS ALL WARRANTIES, EXPRESS AND IMPLIED, INCLUDING WITHOUT LIMITATION ANY IMPLIED WARRANTIES OF MERCHANTABILITY, FITNESS FOR A PARTICULAR PURPOSE OR NON-INFRINGEMENT OF THIRD PARTY INTELLECTUAL PROPERTY RIGHTS.

Bu kaynaklar, TI ürünleriyle tasarım yapan yetenekli geliştiricilere yöneliktir. (1) uygulamanız için uygun TI ürünlerini seçmek, (2) uygulamanızı tasarlamak, doğrulamak ve test etmek ve (3) uygulamanızın geçerli standartları ve diğer güvenlik, emniyet, düzenleme veya diğer gereksinimleri karşılamasını sağlamak yalnızca sizin sorumluluğunuzdadır.

Bu kaynaklar önceden haber verilmeksizin değiştirilebilir. TI, bu kaynakları yalnızca kaynakta açıklanan TI ürünlerini kullanan bir uygulamanın geliştirilmesi için kullanmanıza izin verir. Bu kaynakların başka şekilde çoğaltılması ve sergilenmesi yasaktır. Başka herhangi bir TI fikri mülkiyet hakkı veya herhangi bir üçüncü taraf fikri mülkiyet hakkı için lisans verilmez. TI, bu kaynakları kullanmanızdan kaynaklanan her türlü talep, hasar, maliyet, kayıp ve yükümlülük için sorumluluk kabul etmez ve TI ve temsilcilerini bunlara karşı tamamen tazmin edeceksiniz.

TI ürünleri, TI'nın [Satış Koşullarına](#) veya [ti.com](#)'da bulunan ya da söz konusu TI ürünleriyle birlikte sağlanan diğer geçerli koşullara tabi olarak sağlanır. TI'nın bu kaynakları sağlaması, TI ürünleri için TI'nın geçerli garantilerini veya garanti feragatnamelerini genişletmez veya başka bir şekilde değiştirmez.

TI, teklif etmiş olabileceğiniz tüm ek veya farklı şartlara itiraz eder ve bunları reddeder.

Posta Adresi: Texas Instruments, Post Office Box 655303, Dallas, Texas 75265 Copyright

© 2022, Texas Instruments Incorporated