

**MEREKABENTUK DAN MEMBINA PENUKAR BUCK DC KE DC  
DENGAN SISTEM KAWALAN GEGELUNG SUAP BALIK**

Oleh

**Khairudin Bin Ismail**

**Disertasi ini dikemukakan kepada  
UNIVERSITI SAINS MALAYSIA**

Sebagai memenuhi sebahagian daripada keperluan  
untuk ijazah dengan kepujian

**SARJANA MUDA KEJURUTERAAN (KEJURUTERAAN ELEKTRIK )**

**Pusat Pengajian kejuruteraan  
Elektrik dan Elektronik  
Universiti Sains Malaysia**

**MEI 2006**

## **Abstract**

The project of design and construction of dc – dc buck converter with feedback loop control system is not a new design in use of application with many electronic apparatus nowadays. This project used feedback loop control system as a controller as a circuit that control the smooth flow of conducted current and voltage. This project used an integrated circuit model NCP 1501 as dc switching controller circuit and produced by ON Semiconductor. This IC is built from a few smaller circuit that been internally built inside IC and it shows that buck converter operation I/O system are within the IC itself. The system used inside this project save money and give benefits particularly to user because of cheap cost of the component. For simulation, we use software called OrCAD 9.0 where simulation of waveform of input and output voltage and current conducted in the circuit. This software can provide schematic diagram and output waveform of our choice. Many researches have been done in order for better understanding about dc buck converter. Hopefully this report helps you to explain more about the design and construction of dc – dc buck converter using feed back loop control system.

## Abstrak

Projek merekabentuk dan membina penukar buck dc ke dc dengan sistem kawalan gegelung suap balik bukanlah satu rekabentuk baru dalam penggunaan pelbagai aplikasi di dalam peralatan elektronik. Ini adalah satu projek yang menggunakan sistem kawalan gegelung suap balik sebagai satu litar yang memastikan kelancaran perjalanan arus dan voltan yang dikonduksi. Projek ini menggunakan satu IC (integrated Circuit) NCP 1051 yang berfungsi sebagai litar pengawal dc ke dc yang dikeluarkan oleh ON Semiconductor. IC ini terdiri daripada beberapa litar kecil yang digabungkan di dalam 1 IC. Ini bermaksud bahawa semua aktiviti penukar buck yang melibatkan sistem I/O berfungsi berdasarkan operasi litar ini. Sistem ini juga dapat menjimatkan kos dan memberi faedah khususnya kepada pengguna kerana kos komponen adalah murah. Bagi membuat simulasi, perisian yang digunakan adalah OrCAD 9.0 dimana simulasi litar dan gelombang masukan dan keluaran bagi voltan dan arus direkodkan. Selain itu, kajian secara menyeluruh dijalankan bagi pemahaman yang lebih mendalam dalam penukar buck secara am mahupun secara khusus telah dilakukan. Selepas selesai simulasi barulah litar akan di sambung dan diuji. Semoga laporan ini dapat membantu dalam merekabentuk dan membina penukar buck dc ke dc dengan sistem kawalan gegelung suap balik yang lebih efektif pada masa datang..

## **PENGHARGAAN**

Syukur Alhamdulillah, dengan izin dan rahmatnya dapat saya menyiapkan projek tahun akhir ini. Pada kesempatan ini, saya ingin mengucapkan ribuan terima kasih kepada mereka yang telah terlibat membantu, memberi nasihat dan sokongan kepada saya untuk menyiapkan projek ini.

Pertama sekali saya ingin mengucapkan ribuan terima kasih kepada ibubapa saya dan keluarga yang tidak pernah jemu memberi kata – kata semangat dan dorongan kepada saya untuk berjaya dalam hidup. Jutaan terima kasih juga saya tujukan kepada penyelia projek ini iaitu Dr. Mohd Rizal Arshad yang telah memberikan semangat untuk saya meneruskan projek ini serta nasihat, dorongan dan kepercayaan kepada saya di sepanjang perjalanan projek ini. Tidak lupa juga kepada penasihat projek yang pertama, Dr. K. S. Rao yang banyak memberikan nasihat pada semester pertama projek ini di jalankan.

Selain itu juga, ucapan terima kasih saya berikan kepada rakan – rakan seperjuangan, juruteknik – juruteknik dan kepada mereka yang terlibat secara langsung atau tidak langsung dalam menjayakan projek ini. Tanpa bantuan kalian semua sukar untuk saya menyiapkan projek ini.

**TERIMA KASIH SEMUA!**

**YANG BENAR,**

**Khairudin Bin Ismail**

# KANDUNGAN

	Halaman
<b>ABSTRAK</b>	<b>iii</b>
<b>PENGHARGAAN</b>	<b>iv</b>
<b>JADUAL KANDUNGAN</b>	<b>v</b>
<b>SENARAI GAMBARAJAH</b>	<b>viii</b>
<b>SENARAI JADUAL</b>	<b>x</b>
<b>BAB 1 PENGENALAN .....</b>	<b>1</b>
1.1. PENDAHULUAN .....	1
1.2. PENERANGAN PROJEK.....	3
1.3. OBJEKTIF PROJEK .....	5
1.4. PANDUAN PROJEK .....	5
<b>BAB 2 KAJIAN ILMIAH .....</b>	<b>7</b>
2.1. PENGENALAN KEPADA PENUKAR BUCK DC KE DC.....	7
2.2. PENUKAR BUCK DALAM KEADAAN KONDUKSI BERTERUSAN.....	7
2.3. <i>PENUKAR BUCK DC DC DALAM KEADAAN KODUKSI TAK BERTERUSAN.....</i>	<i>12</i>
2.4. PENENTU KADAR KOMPONEN.....	13
2.4.1 <i>Kadar Induktor Dan Kapasitor.....</i>	<i>13</i>
2.4.2 <i>Kadar Diod.....</i>	<i>14</i>
2.4.3 <i>Kadar transistor MOSFET.....</i>	<i>15</i>
2.5. SISTEM KAWALAN GEGELUNG SUAP BALIK.....	16
2.5.1 Persamaan Gegelung.....	16
2.5.2 Perolehan gegelung.....	17
2.5.3 Kelebihan suap balik.....	17
2.5.4 Kelemahan suap balik.....	18

<b>BAB 3 PERKAKASAN .....</b>	<b>19</b>
3.1.    PENGENALAN.....	19
3.2.    IC NCP 1501 .....	20
3.2.1    PENGENALAN .....	20
3.2.2    CIRI - CIRI.....	20
3.2.3    FUNGSI PIN.....	21
3.2.4    KONFIGURASI NCP 1501.....	22
3.2.5    PEMILIHAN VOLTAN OUTPUT.....	24
<b>BAB 4 REKABENTUK LITAR.....</b>	<b>27</b>
4.1.    PENGENALAN .....	27
4.2.    PERALATAN.....	27
4.3.    PENERANGAN KOMPONEN DAN LITAR.....	29
4.3.1    INDUKTOR.....	29
4.3.2    KAPASITOR.....	30
4.3.3    TRANSISTOR .....	31
4.3.4    PENGAWAL DC - DC.....	32
<b>BAB 5 SIMULASI PsPICE .....</b>	<b>36</b>
5.1.    PENGENALAN.....	36
5.2.    RAJAH SIMULASI PsPICE.....	36
5.3.    DATA SIMULASI.....	37
5.4.    DATA OUTPUT SIMULASI.....	37
<b>BAB 6 KEPUTUSAN .....</b>	<b>47</b>
4.1.    KEPUTUSAN .....	47
4.2.    PERBINCANGAN .....	49
4.3.    MASALAH-MASALAH YANG DIHADAPI.....	50
4.4.    KESIMPULAN.....	51

<b>RUJUKAN</b>	<b>xi</b>
<b>LAMPIRAN</b>	<b>xii</b>

## SENARAI GAMBARAJAH

Halaman .

<b>Rajah 1.1:</b> Litar penukar Buck.....	2
<b>Rajah 1.2:</b> Litar penukar Boost.....	2
<b>Rajah 1.3:</b> Litar penukar Buck Boost.....	3
<b>Rajah 1.4:</b> Litar penukar Cuk.....	3
<b>Rajah 1.5:</b> Litar segerak penukar buck dengan siste kawalan gegelung suap balik.....	4
<b>Rajah 2.1:</b> Litar asas penukar buck dc ke dc .....	7
<b>Rajah 2.2:</b> Konduksi pada masa suis tertutup.....	8
<b>Rajah 2.3:</b> Konduksi pada masa suis buka.....	8
<b>Rajah 2.4:</b> Voltan induksi pada masa $T_{on}$ dan $T_{off}$ .....	9
<b>Rajah 2.5:</b> Gelombang arus induktor dsalam keadaan konduksi berterusan.....	10
<b>Rajah 2.6:</b> Arus induktor dalam konduksi berterusan.....	12
<b>Rajah 2.7:</b> Perubahan nilai voltan dan arus induktor terhadap masa.....	12
<b>Rajah 2.8:</b> Litar dalam konduksi tidak berterusan.....	13
<b>Rajah 2.9:</b> Voltan induktor dalam konduksi tidak berterusan.....	13
<b>Rajah 2.10:</b> Gelombang arus diod semasa konduksi berterusan.....	15
<b>Rajah 2.11:</b> Arus MOSFET semasa konduksi berterusan.....	15
<b>Rajah 2.12:</b> Model gegelung suap balik.....	16
<b>Rajah 3.1:</b> Gambarajah litar.....	19
<b>Rajah 3.2:</b> Gambarajah NCP 1501	
<b>Rajah 3.3:</b> Gambarajah blok bagi NCP 1501.....	22
<b>Rajah 3.4:</b> Skematik litar mod PWM.....	23
<b>Rajah 3.5 :</b> <i>Skematik litar mod LDO</i> .....	24
<b>Rajah 3.6 :</b> <i>Perubahan bentuk gelombang dari mod LDO ke PWM</i> .....	25
<b>Rajah 3.7 :</b> Turutan naik turun berdasarkan $CB_0$ dan $CB_1$ .....	25
<b>Rajah 4.1:</b> <i>Perkakasan Binaan</i> .....	27
<b>Rajah 4.2:</b> Pemateri.....	27
<b>Rajah 4.3:</b> Solder.....	27
<b>Rajah 4.4 :</b> Multimeter digital.....	28



<b>Rajah 4.5:</b> Osiloskop.....	28
<b>Rajah 4.6 :</b> Induktor.....	29
<b>Rajah 4.7:</b> Kapasitor.....	29
<b>Rajah 4.8:</b> Binaan n – channel MOSFET.....	31
<b>Rajah 4.9:</b> Transistor.....	31
<b>Rajah 4.10:</b> Konfigurasi penyongsang CMOS.....	32
<b>Rajah 4.11:</b> Opamp sebagai pembanding (comparator).....	33
<b>Rajah 4.12:</b> Masukan aktif high S-R dengan menggunakan 2 get NOR.....	33
<b>Rajah 4.13:</b> Masukan aktif high S-R dengan menggunakan 2 get AND.....	34
<b>Rajah 5.1:</b> Litar simulasi.....	35
<b>Rajah 6.1 :</b> Voltan output melawan masa.....	45
<b>Rajah 6.2:</b> Voltan input melawan masa.....	46
<b>Rajah 6.3:</b> Arus beban melawan masa.....	47
<b>Rajah 6.4:</b> Arus masukan melawan masa.....	47
<b>Rajah 6.5 :</b> Voltan segerak melawan masa.....	48

## SENARAI JADUAL

	Halaman .
<b>Jadual 3.1.</b> Komponen Projek.....	20
<b>Jadual 3.2:</b> Voltan Output yang sepadan dengan masukan $CB_0$ dan $CB_1$ .....	24
<b>Jadual 4.1:</b> Jadual kebenaran masukan aktif high S –R latch.....	34

# **BAB 1**

## **PENGENALAN**

### **1.1 Pendahuluan**

Penggunaan peranti penukar pensuisan (switchmode) dc ke dc terbina dalam adalah sangat meluas di gunakan pada ketika ini.jurutera pada ketika ini tidak perlu lagi menggandakan usaha untuk membina dan merekabentuk penukar kuasa rendah untuk aplikasi yang pelbagai. Dengan sedikit analisis, membolehkan perekabentuk mencipta suatu penukar dc ke dc menggunakan penukar “buck”.

Penukar dc ke dc adalah satu peralatan elektronik yang menukarkan arus terus dari satu tahap voltan ke tahap yang lain. Peranti ini diperlukan kerana arus terus tidak boleh diubah secara menaik atau menurun seperti yang dilakukan oleh transformer untuk arus ulang alik (AC).

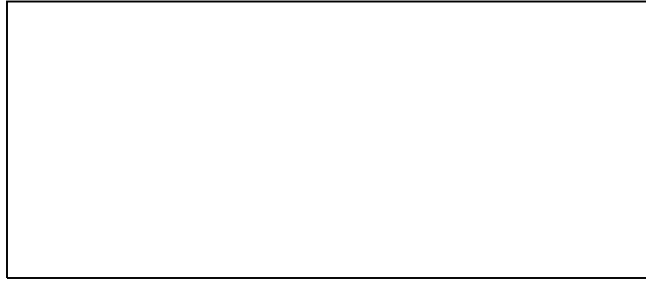
Penggunaan aplikasi penukar dc ke dc yang digunakan adalah menurunkan 24V arus terus di dalam kenderaan contohnya lori kepada 12V arus terus untuk penggunaan radio kereta. Penerima isyarat gelombang serta telefon mudah alih juga menggunakan konsep penurun yang sama. Selain itu penukar dc ke dc juga digunakan secara meluas di dalam “motherboard” di dalam komputer persendirian.

Terdap 4 jenis kofigurasi utama dalam penukar dc ke dc iaitu:

- 1) Penukar langkah turun – penukar buck
- 2) Penukar langkah naik – penukar boost
- 3) Penukar “buck - boost”
- 4) Penukar “cuk”

#### 1). Penukar langkah turun – penukar buck (buck converter)

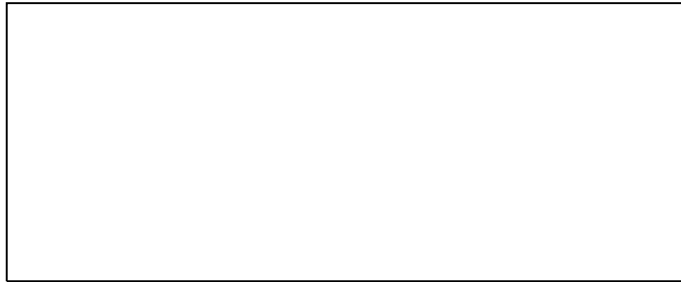
Penukar buck adalah penukar yang digunakan untuk menurunkan voltan dc dari masukan yang tinggi ke keluaran yang rendah. Litar ini menggunakan gabungan kapasitor, diod, induktor dan transistor dalam litar. Transistor dalam litar ini digunakan sebagai suis yang dikawal untuk menentukan aliran sentiasa dikonduksi secara berterusan. Rajah 1.1 di bawah menunjukkan konfigurasi penukar “buck”,



**Rajah 1.1 : Litar penukar Buck**

2). Penukar langkah naik – penukar “boost”

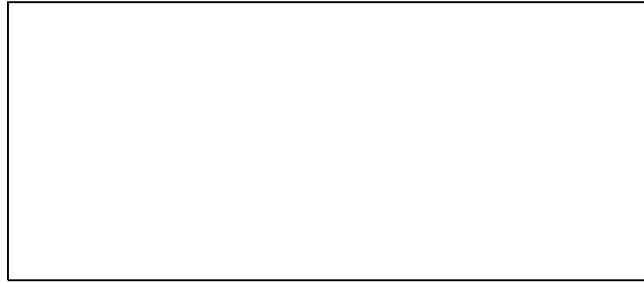
Penukar boost juga menggunakan komponen yang sama seperti penukar buck tetapi susunan komponen adalah berlainan untuk fungsinya yang berlainan. Penukar boost adalah untuk mendapatkan nilai voltan keluaran yang lebih tinggi berbanding voltan masukan. Rajah 1.2 di bawah menunjukkan konfigurasi penukar boost,



**Rajah 1.2 : Litar penukar Boost**

3). Penukar buck boost

Penukar buck boost adalah penukar yang terhasil dari gabungan fungsi penukar buck dan penukar boost. Penukar buck boost boleh menghasilkan voltan output yang lebih tinggi ataupun yang lebih rendah daripada voltan input mengikut kemahuan pengguna. Polariti voltan output adalah bertentangan dengan voltan input. Ia juga dikenali sebagai pengawalatur songsang (inverting regulator). Rajah 1.3 di bawah menunjukkan konfigurasi penukar buck boost,



**Rajah 1.3 : Litar penukar buck boost**

#### 4). Penukar Cuk

Penukar cuk mempunyai fungsi yang sama dengan penukar buck boost. Penukar cuk menghasilkan voltan output yang lebih tinggi atau lebih rendah daripada voltan input. Polariti voltan output juga bertentangan dengan polariti voltan input seperti penukar buck boost. Perbezaan antara penukar buck boost dengan penukar cuk adalah konfigurasi komponen di dalam litaranya. Litar cuk menggunakan 2 induktor dan 2 kapasitor. Rajah 1.4 dibawah menunjukkan konfigurasi litar cuk,



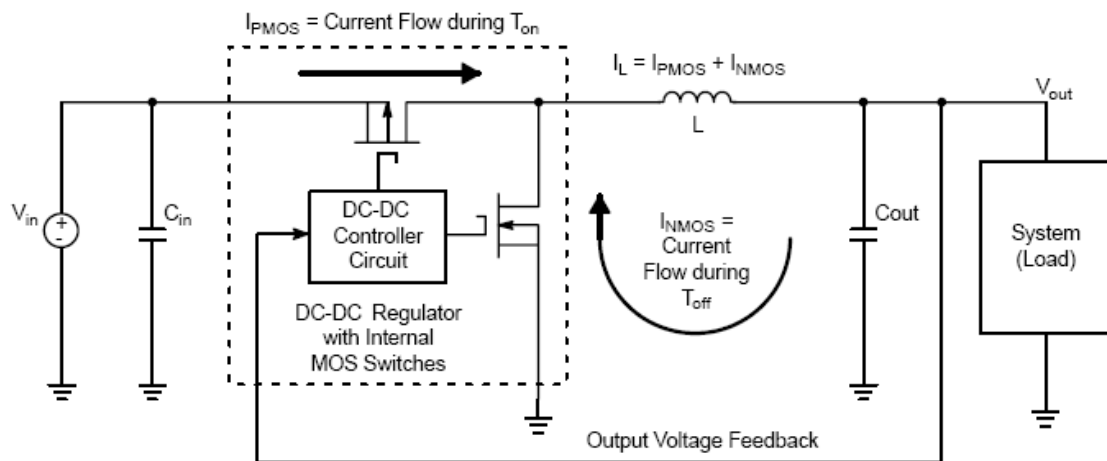
**Rajah 1.4 : Penukar cuk**

Nama cuk diperolehi daripada nama penciptanya iaitu Dr. Slobodan Cuk.

## 1.2 Penerangan Projek

Penggunaan penukar buck dc dc telah digunakan secara meluas di seluruh dunia. Ini kerana fungsinya yang digunakan untuk mendapatkan voltan output yang lebih rendah berbanding input. Ia sekaligus berfungsi untuk melindungi komponen elektronik yang lain. Bagi projek ini sistem kawalan yang akan digunakan adalah sistem gegelung suap

balik (feedback loop control system). Projek ini menggunakan IC NCP 1501 iaitu IC yang mempunyai transistor MOSFET dan litar pengawal dc/dc yang terbina dalam. IC ini menggunakan arus suap balik dari induktor sebagai penentu untuk inverter yang terdiri daripada 2 MOSFET beroperasi dimana MOSFET itu digunakan sebagai suis. Gambarajah di bawah menunjukkan bagaimana litar penukar buck dengan sistem kawalan gegelung suap balik di bina :



**Rajah 1.5 :** Litar segerak penukar buck dengan sistem kawalan suap balik

Daripada rajah diatas, voltan output suap balik di sambung ke litar pengawal dc/dc yang terdiri daripada 2 MOSFET n-channel dan p-channel untuk saling buka dan tutup secara selang seli.

Pembinaan projek ini melibatkan 3 peringkat iaitu :

- 1) Peringkat 1 – kajian dan penyelidikan
- 2) Peringkat 2 – simulasi menggunakan Pspice
- 3) Peringkat 3 – pemasangan dan ujian litar

1). Peringkat 1 – kajian dan penyelidikan

Peringkat ini bertujuan untuk mencari serta mengkaji bagaimana operasi penukar buck berlaku serta setiap satu fungsi komponen di dalam litar tersebut. Peringkat ini melibatkan pencarian maklumat dari internet dan buku yang terdapat di dalam

perpustakaan dan buku yang digunakan di dalam pembelajaran kejuruteraan elektrik dan elektronik.

## 2). Peringkat 2 – simulasi menggunakan pspice

Peringkat ini memerlukan untuk mencari komponen simulasi di internet untuk dan membina mengikut litar yang telah ditentukan untuk projek ini. Simulasi menggunakan pspice dijalankan dengan menggunakan program simulasi komputer mengikut spesifikasi litar.

## 3). Peringkat 3 – pemasangan dan ujian litar

Pemasang dan pengujian litar dilakukan didalam makmal kerana peralatan peralatan yang disediakan di makmal diperlukan untuk memastikan pemasangan dan pengujian dapat dilakukan dengan sempurna.

### **1.3 Objektif projek**

- 1) Mengkaji serta merekabentuk penukar buck dc ke dc dengan menggunakan sistem kawalan gegelung suap balik.
- 2) Membuat kajian mengenai kebaikan serta kelemahan projek ini dan potensinya untuk kegunaan masa depan.
- 3) Menerbitkan persamaan dalam mencapai keputusan akhir dan kemudian dibandingkan dengan keputusan ujian litar yang dibina di dalam makmal.
- 4) Mengenali dengan lebih lanjut penggunaan penukar buck dalam peralatan elektronik yang digunakan dalam kehidupan seharian.

### **1.4 Panduan projek**

Laporan ini terdiri daripada beberapa bab yang mana setiap satu menerangkan mengenai bahagian – bahagian yang terlibat dalam pembangunan projek ini. Berikut diterangkan serba ringkas mengenai bab – bab yang terlibat:

**Bab 1** – Memberi sedikit penerangan mengenai projek ini serta pengetahuan am mengenai penukar dc dc yang sentiasa dijumpai di dalam komponen elektronik.

**Bab 2** – Menerangkan dengan lebih panjang lebar mengenai penukar buck dc/dc serta sistem kawalan gegelung suap balik. Serta pemahaman yang lanjut untuk merekabentuk penukar buck dengan sistem kawalan gegelung suap balik.

**Bab 3** – Menerangkan mengenai perkakasan yang digunakan di dalam projek ini serta komponennya serta penerangan lanjut mengenai IC NPC 1501.

**Bab 4** - Bab utama dalam projek ini di mana bab ini menerangkan rekabentuk litar serta setiap litar kecil yang terdapat di dalam litar pengawal dc/dc yang terdapat di dalam pembelajaran kejuruteraan elektrik dan elektronik.

**Bab 5** – Menunjukkan simulasi serta data data yang diperolehi daripada simulasi litar yang telah di bina.

**Bab 6** – Menerangkan keputusan yang diperolehi sepanjang projek di jalankan. Ia juga menunjukkan keputusan simulasi serta kesimpulan yang dapat dibuat dalam projek ini.



## BAB 2

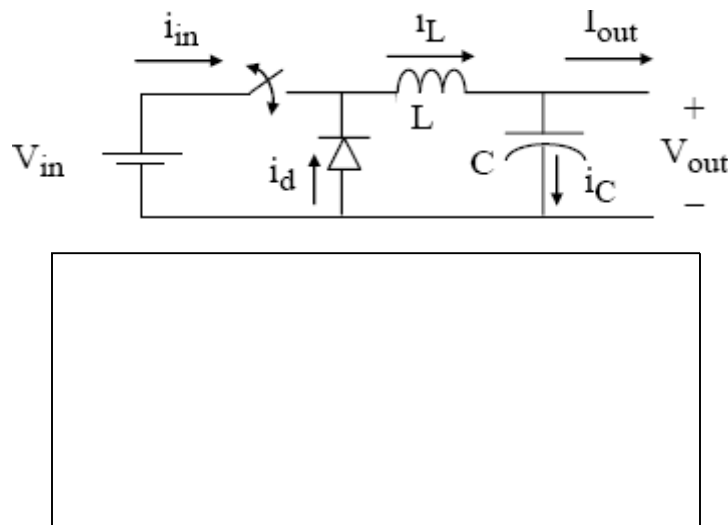
### KAJIAN ILMIAH

#### 2.1 Pengenalan Kepada Penukar Buck Dc ke Dc

“Dc–dc buck converter” adalah salah satu daripada penukar yang sering digunakan dalam peralatan elektronik pada masa kini. Ia digunakan bagi tujuan menukarkan voltan dc yang lebih tinggi kepada voltan dc yang lebih rendah supaya bersesuaian dengan voltan peralatan elektronik peralatan elektronik yang digunakan dan juga sebagai litar pelindung yang melindungi komponen elektronik daripada rosak. Ini juga bermaksud dc – dc buck converter mengeluarkan voltan output yang lebih rendah daripada input.

#### 2.2 Penukar buck dalam keadaan konduksi berterusan

Penukar buck yang ideal adalah ditunjukkan seperti gambarajah di bawah:



**Rajah 2.1** :Litar asas penukar Buck dc ke dc

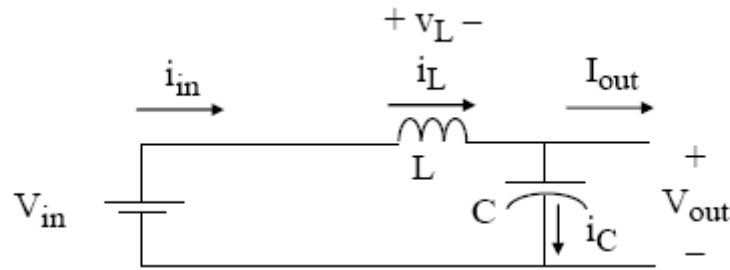
Voltan masukan bagi buck converter yang ideal adalah dianggap bebas dari riak di mana voltan masukan adalah sentiasa sama. Buka dan tutup suis elektronik kuasa adalah tetap contohnya 100kHz dan kadar kitarannya adalah boleh ubah untuk mengawal voltan keluarannya. Nilai kapasitor C dianggap cukup besar supaya nilai riak voltak keluarang

adalah kurang daripada 5% dan ini membolehkan nilai voltan keluaran adalah bebas riak. Arus output juga dianggap bebas riak. Dalam operasi normal, litar ini adalah sentiasa dalam keadaan konduksi secara berterusan di mana nilai induktor adalah sentiasa lebih besar daripada sifar.

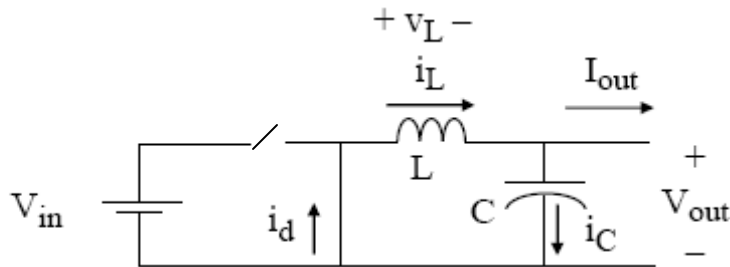
Litar ini dianggap tiada kehilangan dimana kuasa masukan adalah sama seperti kuasa keluaran ( $P_{in} = P_{out}$ ) ataupun

$$V_{in} * I_{in} = V_{out} * I_{out} \quad (2.1)$$

Litar dianggap sentiasa berada dalam konduksi berterusan, maka dari litar ini akan diperolehi 2 jenis topologi litar iaitu:



**Rajah 2.2** :Pada masa suis tertutup DT ( $T_{on}$ )



**Rajah 2.3** :Pada masa suis terbuka (1-D)T ( $T_{off}$ )

D dalam persamaan adalah nisbah  $T_{on} / T$

$$D = \frac{T_{on}}{T} \quad (2.2)$$

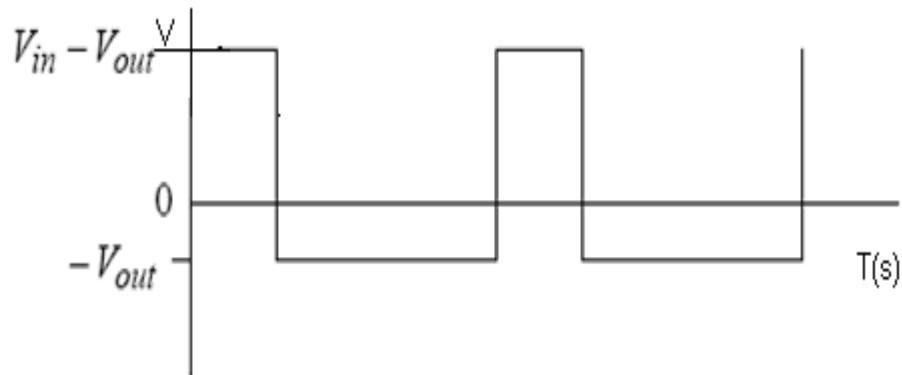
Transistor di dalam litar asas digunakan sebagai suis. Apabila suis adalah tertutup, diod akan berada dalam keadaan pincang balikan dan dalam keadaan terbuka. Nilai arus induktor  $I_L$  akan meningkat pada kadar:

$$\frac{di_L}{dt} = \frac{v_L}{L} = \frac{V_{in} - V_{out}}{L}, 0 \leq t \leq DT \quad (2.3)$$

Induktor akan berada dalam keadan mengecas sehingga ia berada pada nilai maksimum. Apabila suis adalah terbuka, arus induktor  $I_L$  akan terus mengalir melalui diod. Ini menyebabkan diod berada dalam keadan pincang hadapan dan nilai arus induktor  $I_L$  , akan mula berkurangan pada kadar :

$$\frac{di_L}{dt} = \frac{v_L}{L} = \frac{-V_{out}}{L}, DT \leq t \leq T \quad (2.4)$$

Dalam keadaan ini induktor berada dalam keadaan nyahcas. Gambarajah dibawah menunjukkan voltan induktor pada masa suis tutup dan suis buka :



**Rajah 2.4 :** Voltan induktor pada masa  $T_{on}$  dan  $T_{off}$

Apabila dilihat pada prinsip induktor dalam keadaan tetap, nilai purata voltan induktor  $V_L$  , melalui induktor  $L$  adalah sifar. Oleh kerana  $V_L$  mempunyai dua keadaan, kedua – dua keadaan mempunyai nilai voltan yang malar. Nilai purata  $V_L$  adalah seperti berikut:

$$\frac{(V_{in} - V_{out})DT + (-V_{out})(1-D)T}{T} = 0 \quad (2.5)$$

Ini adalah supaya :

$$V_{in}D - V_{out}D - V_{out} + V_{out}D = 0 \quad (2.6)$$

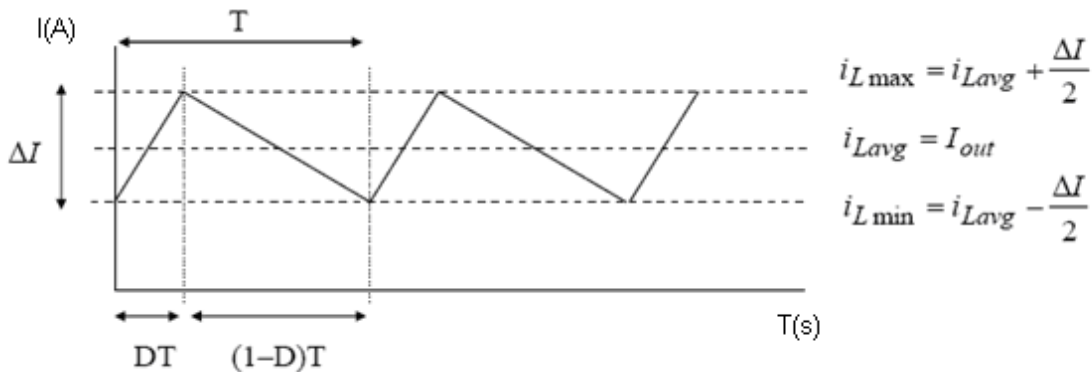
Apabila persamaan di atas dipermudahkan, hasilnya adalah persamaan akhir bagi voltan masukan dan keluaran adalah:

$$V_{out} = V_{in}D \quad (2.7)$$

Persamaan (2.3) dan (2.4) menunjukkan kadar naik dan turun arus induktor  $I_L$ . Nilai purata arus induktor  $I_L$  dapat dilihat pada nilai arus kapasitor iaitu bersamaan dengan nilai arus keluaran. Dalam keadaan tetap, nilai arus yang melalui kapasitor adalah sifar. Ini menunjukkan arus induktor purata adalah sama dengan nilai arus keluaran

$$i_{Lavg} = I_{out} \quad (2.8)$$

Daripada persamaan diatas digabungkan dengan persamaan induktor mengemas dan induktor menyahcas, satu graf dapat dibentuk iaitu:



**Rajah 2.5** :Gelombang arus induktor dalam keadaan konduksi berterusan.

Disebabkan arus berada dalam segmen garisan lurus, maka:

$$i_{Lavg} = \frac{i_{Lmax} + i_{Lmin}}{2}, i_{Lmax} = i_{Lavg} + \frac{\Delta I}{2}, i_{Lmin} = i_{Lavg} - \frac{\Delta I}{2} \quad (2.9)$$

Daripada persamaan (2.3),

$$\frac{di_L}{dt} = \frac{V_{in} - V_{out}}{L} = \frac{\Delta I}{DT} \quad (2.10)$$

Ini menghasilkan persamaan berikut:

$$\Delta I = \frac{V_{in} - V_{out}}{L} * DT = \frac{V_{in} - DV_{in}}{L} * DT = \frac{V_{in} D(1 - D)}{Lf} \quad (2.11)$$

Di mana f adalah frekuensi pensuisan. Daripada persamaan di atas, maka diterbitkan terhadap D, dan bersamaan dengan sifar, menunjukkan  $\Delta I$  adalah maksimum apabila :

$$D = 1/2$$

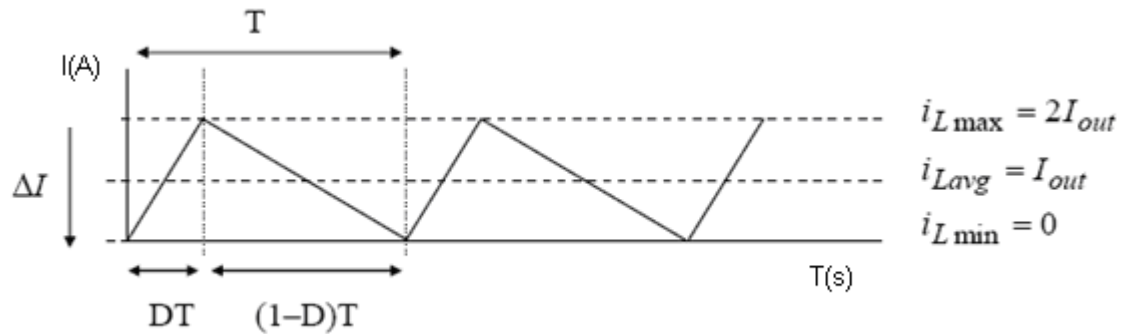
maka:

$$\Delta I_{max} = \frac{V_{in}}{4Lf} \quad (2.12)$$

Manakala  $I_{rms}$  pula adalah :

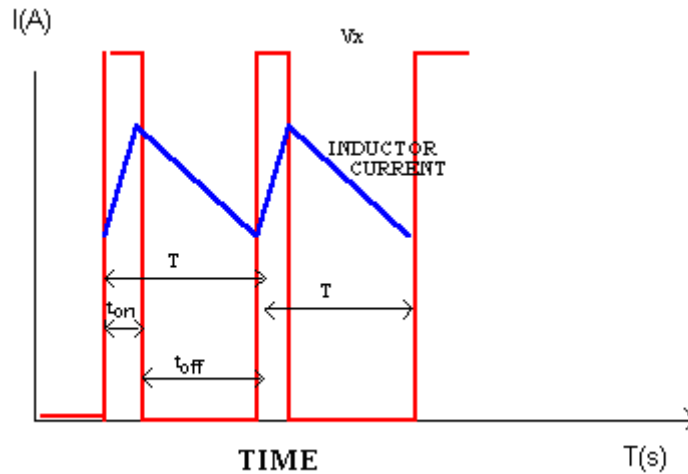
$$I_{rms}^2 = I_{avg}^2 + \frac{1}{12}(\Delta I)^2 \quad (2.13)$$

Sempadan bagi konduksi berterusan adalah apabila  $I_{Lmin} = 0$ , ditunjukkan pada gambarajah dibawah



**Rajah 2.6 :**Arus induktor pada sempadan dalam keadaan konduksi berterusan

Jika digabungkan gambarajah arus induktor dan voltan induktor terhadap masa, maka dapatlah gambarajah seperti di bawah:

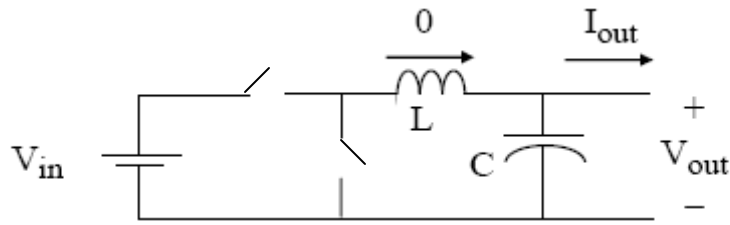


**Rajah 2.7 :**Perubahan nilai voltan induktor dan arus induktor terhadap masa

$V_x$  adalah  $V_L$ . graf diatas menunjukkan voltan dan arus semasa suis tutup dan suis buka.

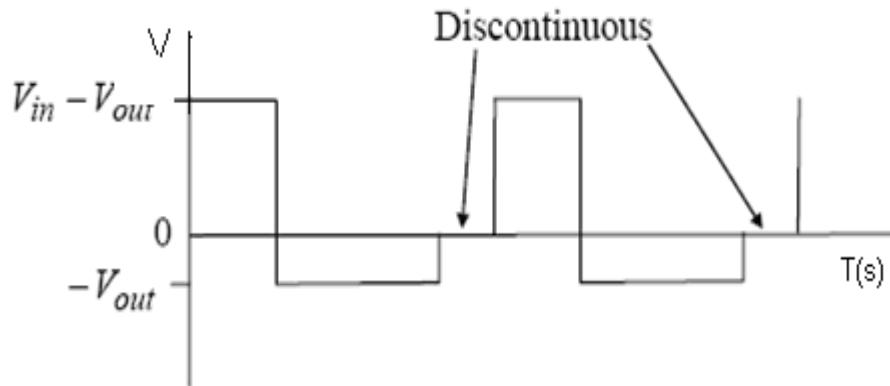
### 2.3 Penukar Buck dalam keadaan konduksi tidak berterusan

Dalam tempoh beban pada tahap yang rendah, berkemungkinan buck converter akan termasuk ke dalam keadaan konduksi tidak berterusan. Ini terjadi apabila arus induktor berkurangan sehingga ke sifar. Pada masa itu, kapasitor cuba mengundurkan arus induktor dan “backfeed” induktor itu tetapi ia di halang oleh diod. Oleh itu, diod berada dalam keadaan terbuka seperti gambarajah dibawah sehingga suis berada dalam keadaan tertutup:



**Rajah 2.8 :**Litar dalam keadaan konduksi tidak berterusan

Dalam keadaan ini semua kuasa beban ditanggung oleh kapasitor. Bila dalam keadaan tidak berterusan, arus yang melalui induktor adalah sifar. Graf voltan output adalah seperti di bawah :



**Rajah 2.9 :** Voltan induktor dalam konduksi tidak berterusan

## 2.4 Penentuan kadar komponen

### 2.4.1 Kadar induktor dan kapasitor

Untuk menentukan kadar induktor, induktor tersebut mestilah mempunyai nilai arus rms yang mencukupi untuk menampung nilai voltan masukan  $V_{in}$  (di mana  $D = 1$ ). Untuk menentukan nilai arus rms bagi induktor, dianggap bahawa :

$$\Delta I_{\max} = 2I_{out} \quad (2.14)$$

Apabila dimasukkan ke dalam persamaan nilai arus rms :

$$I_{rms}^2 = I_{avg}^2 + \frac{1}{12}(\Delta I)^2 \quad (2.15)$$

Maka:

$$I_{rms,max}^2 = I_{out}^2 + \frac{1}{12}(2I_{out})^2 = I_{out}^2 \left(1 + \frac{1}{3}\right) \quad (2.16)$$

Persamaan akhir bagi nilai arus rms maksimum adalah :

$$I_{Lrms,max}^2 = \frac{2}{\sqrt{3}} I_{out} \quad (2.17)$$

Nilai arus riak  $\Delta I$  yang sama juga melalui kapasitor, tetapi kapasitor tidak mempunyai nilai arus purata. Menggunakan logik yang sama, nilai arus rms maksimum segiempat yang melalui kapasitor menjadi :

$$I_{Crms,max}^2 = 0 + \frac{1}{12}(\Delta I)^2 = \frac{1}{12}(2I_{out})^2 = \frac{I_{out}^2}{3} \quad (2.18)$$

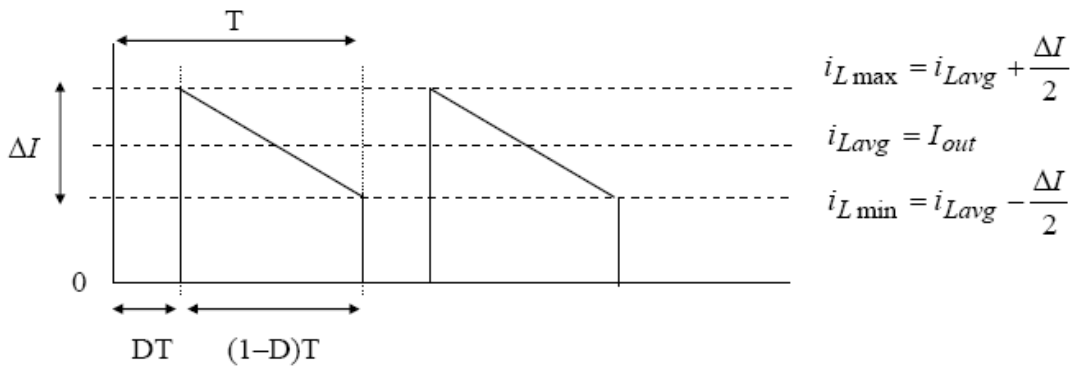
Hasil akhirnya adalah:

$$I_{Crms,max} = \frac{I_{out}}{\sqrt{3}} \quad (2.19)$$

#### 2.4.2 Kadar diod

Untuk diod, nilai voltan yang bersesuaian adalah  $2V_{in}$ . Ini kerana nilainya bergantung kepada perubahan yang berlaku pada induktor dan kapasitor. Nilai arusnya dapat ditentukan dengan melihat rajah di bawah:



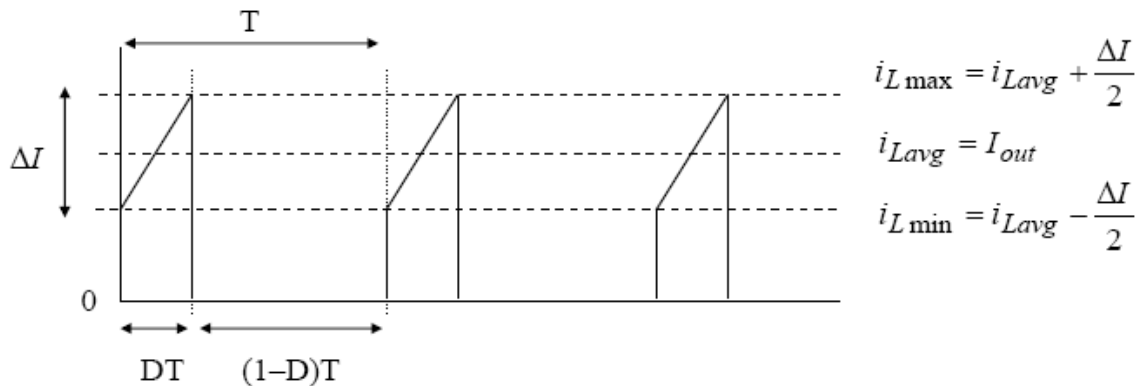


**Rajah 2.10 :** Gelombang arus diod semasa konduksi berterusan

Daripada rajah itu, menunjukkan nilai arus rms melalui diod adalah dengan nilai arus rms yang melalui induktor.

### 2.4.3 Kadar transistor MOSFET

Dari litar asas penukar Buck, transistor MOSFET mestilah mengkonduksi arus induktor semasa tutup dan menahan voltan masukan  $V_{\text{in}}$  semasa buka. Nilai sebenar MOSFET mestilah sekurang – kurangnya dua kali nilai masukan  $V_{\text{in}}$ , dengan tujuan untuk membenarkan kemungkinan nilai ayunan transient berlaku. Untuk menentukan nilai arus, sila lihat rajah di bawah :



**Rajah 2.11 :** Arus MOSFET semasa konduksi berterusan

Nilai  $D$  dianggap besar, supaya arus rms MOSFET adalah setara dengan arus rms induktor.

## 2.5 Sistem Kawalan gegelung suap balik

Terdapat empat elemen yang terdapat di dalam system kawalan gegelung suap balik. Empat elemen itu adalah :

- 1) Penganasan untuk posisi yang ingin di kawal
- 2) Input rujukan yang menentukan nilai pemboleh ubah yang hendak di kawal
- 3) Pembeza (comparator) yang membezakan kedudukan sebenar yang dikesan atau isyarat suap balik. Keluaran pembeza ini di panggil isyarat ralat (error signal) yang menentukan arah mana pembetulan harus dibuat.
- 4) Mekanisma kawalan yang diaktifkan oleh isyarat ralat dan seterusnya membuat pembetulan. Ia juga dipanggil penggerak (actuator).

### 2.5.1 Persamaan gegelung



**Rajah 2.12** :Model gegelung suap balik

Daripada diagram diatas, ia menunjukkan model asas system kawalan gegelung suap balik. Ia juga menunjukkan empat elemen secara abstrak.

Isyarat bergerak mengikut arah jam melalui gegelung. Arah anak panah menunjukkan arah isyarat bergerak. Bulatan dengan x di dalamnya adalah untuk tujuan penjumlahan ataupun pembeza (comparator). Symbol + ataupun – menunjukkan samaada persamaan sebelumnya akan ditambah atau ditolak.

Masukan dilabel sebagai R manakala keluaran dilabel sebagai C. Keluaran C mempunyai cirri nilai terkawal. Nilai keluaran untuk penjumlahan dilabelkan sebagai E untuk isyarat ralat. Label B pula bertindak sebagai penganasan (sensor). Blok A mewakili semua peringkat proses isyarat ralat iaitu mekanisma kawalan.

Daripada persamaan diatas, E dibuang dari persamaan kerana ia parameter dalaman dan persamaan ini diselesaikan untuk mendapatkan persamaan berikut:

$$\frac{C}{R} = \frac{A}{1 + AB} \quad (a)$$

$$\frac{C}{R} = \frac{1}{B} x \frac{1}{1 + \frac{1}{AB}} \quad (b)$$

Pada persamaan kedua,  $1/B$  difaktor keluar adalah dengan tujuan menyenangkan lagi persamaan. Nilai  $C/R$  menghampiri  $1/B$ . ini kerana  $AB$  adalah lebih besar daripada 1 menyebabkan factor dalam persamaan kedua menghampiri uniti.

### **2.5.2 Perolehan gegelung (loop gain)**

Nilai persamaan (a) dan (b) adalah dikenali perolehan gegelung tertutup (closed loop gain). Perolehan gegelung ini menunjukkan berapa banyak isyarat input dikuatkan terhadap output. Perolehan gegelung yang sebenar adalah perolehan sekeliling gegelung ( $AB$ ). Ia dikenali sebagai perolehan gegelung terbuka (open loop gain). Secara teori, perolehan ini boleh dikira dengan membuka gegelung dan memasukkan isyarat ujian kecil dan kemudian mengukur isyarat yang terhasil dan kemudian mengira nisbahnya.

### **2.5.3 Kelebihan suap balik**

Sebab utama kawalan suap balik digunakan adalah untuk mengukur dan mengimbangkan kesan dari gangguan luar. Sistem suap balik membenarkan kelajuan respon yang ketara bagi komponen seperti motor yang boleh ditingkatkan dengan membuat “overdrive”. Selain itu, suap balik boleh menghasilkan nilai keluaran output yang lebih teguh yang tidak dapat diganggu oleh sebarang gangguan luar. Selain itu system ini juga lebih murah jika dibandingkan dengan system kawalan yang lain kerana komponen elektronik yang digunakan adalah murah dan ini boleh menyebabkan barangan yang dipasarkan secara besar – besaran mempunyai nilai yang lebih murah.

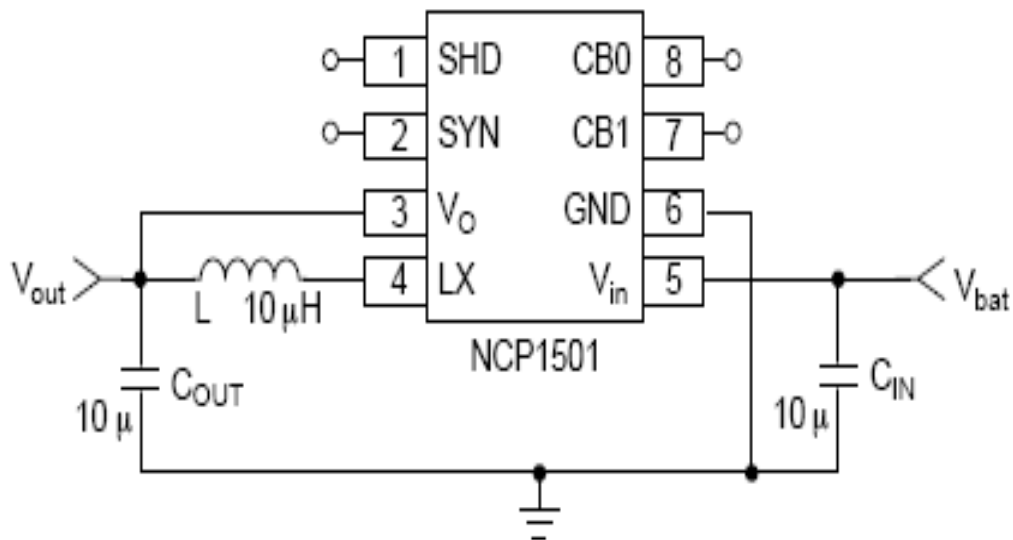
#### **2.5.4 Kelemahan suap balik**

- 1) System menjadi lebih kompleks dan mungkin boleh meningkatkan jumlah komponen elektronik yang digunakan.
- 2) Suap balik manghasilkan masalah kestabilan.

## BAB 3 PERKAKASAN

### 3.1 Pengenalan

Perkakasan merupakan elemen yang terpenting sekali dalam menjayakan projek merekabentuk dan membangunkan penukar buck dc ke dc dengan menggunakan sistem kawalan gegelung suap balik ini. Terdapat beberapa perkakasan yang digunakan di dalam projek ini dan setiap perkakasan tersebut mempunyai fungsinya yang tersendiri. Setiap perkakasan yang digunakan akan disambung bersama – sama untuk membentuk satu litar penukar “buck” yang berfungsi. Gambarajah di bawah menunjukkan litar yang digunakan di dalam projek ini.



**Rajah 3.1** : Gambarajah litar

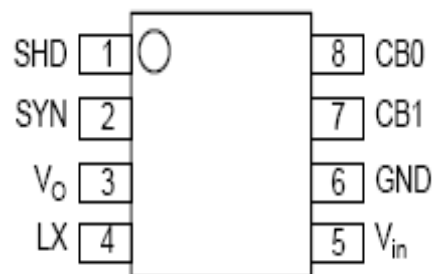
Litar ini boleh beroperasi dalam 2 mod iaitu mod pemodulan dedenyut lebar (pulse width modulation), PMW dan mod pengawal kejatuhan rendah lurus (low drop out), LDO.

**Jadual 3.1** menunjukkan komponen – komponen yang digunakan dalam penghasilan projek ini:

**Jadual 3.1 : Komponen Projek**

<i>Komponen</i>	<i>Kuantiti</i>
Kapasitor 10 $\mu$ F, 6.3 V	2
Induktor 10 $\mu$ H, 300mA	1
I.C NCP 1501	1

### 3.2 IC NCP 1501



**Rajah 3.2 : Gambarajah NCP 1501**

#### 3.2.1 Pengenalan

IC NCP 1501 adalah pengawal dwi mod yang beroperasi sebagai penukar PWM Buck ataupun “low drop out linear regulator “( LDO). Jika isyarat bergerak wujud, ncp 1501 akan beroperasi sebagai penukar arus mod PWM dengan rektifikasi bergerak. Isyarat bergerak membenarkan pengguna mengawal hingar frekuensi yang dihasilkan oleh penukar PWM. Mod linear akan aktif apabila isyarat bergerak tidak wujud. Konfigurasi NCP 1501 membenarkan kecekapan operasi kuasa yang tinggi dan tahap hingar yang rendah semasa mod tidur (sleep mode).

#### 3.2.2 Ciri - Ciri

- Rektifikasi bergerak untuk kecekapan yang tinggi dalam mod PWM
- Mod operasi linear untuk keluaran hingar yang rendah semasa beban rendah

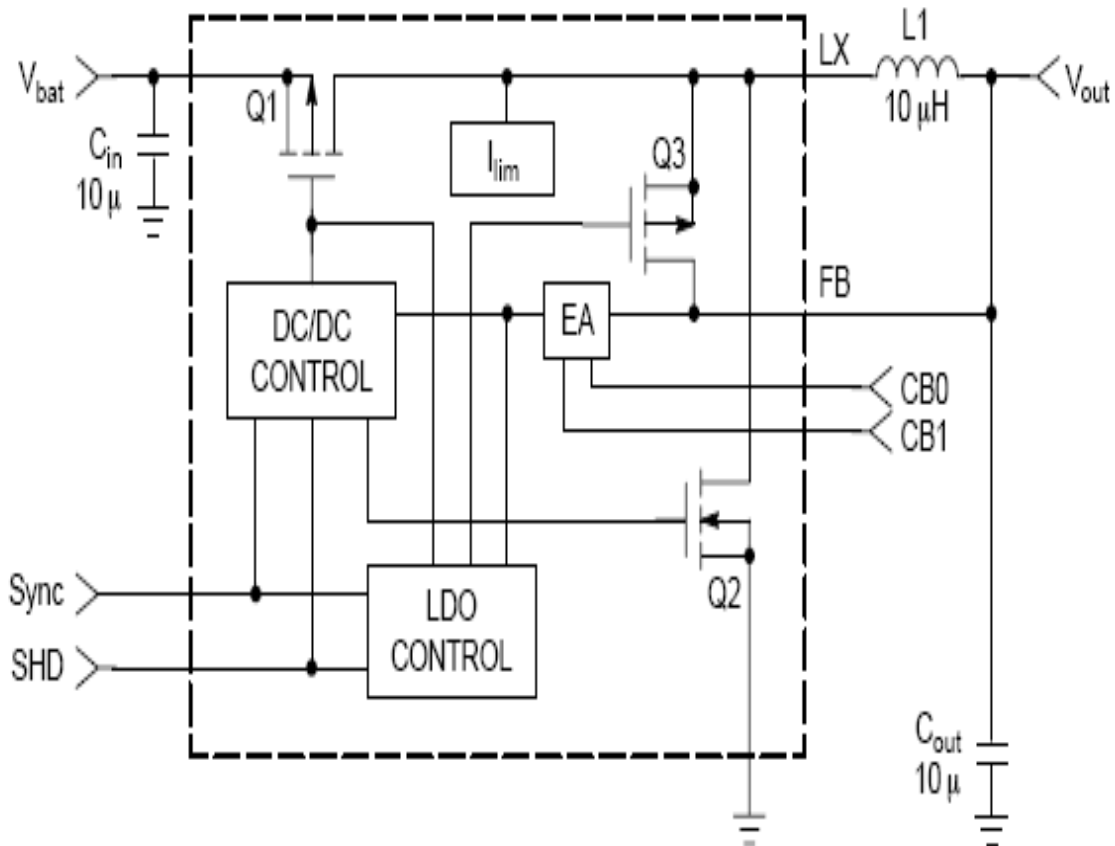
- Litar suap balik dan MOSFET terbina dalam
- 800mA batas arus puncak kitar demi kitar
- Pensuisan automatik antara mode PWM dan Linear
- Frekuensi operasi dari 500kHz ke 1000kHz
- Dioptimumkan bagi kapasitor seramik dan induktor yang berprofil rendah
- Perlindungan limit suhu
- Voltan output yang tetap (1.05V, 1.35V, 1.57V, 1.8V)
- Penggunaan arus penutupan 0.2 $\mu$ A
- Pemula lembut (soft start) terbina dalam

### 3.2.3 Fungsi pin

No. Pin	Simbol	Fungsi
1	SHD	“Enable Pin” untuk NCP 1501. Pin ini adalah aktif High. Perintang “pull down” memaksabahagian ini off jika pin ini tidak disambung pada litar.
2	SYN	Pin isyarat segerak luaran. Peralatan ini akan beroperasi dalam mod PWM jika Isyarat jam wujud. Pin ini mesti disetkan “low” untuk memasuki mod LDO.
3	V <sub>o</sub>	Suap balik untuk NCP 1501. MOSFET binaan dalam disambungkan melalui V <sub>o</sub> , dan Lx untuk mod LDO.
4	Lx	Sambungan peralatan ke induktor.
5	V <sub>in</sub>	Voltan input bagi NCP 1501.
6	GND	Sambungan ke Bumi (ground).

No. Pin	Simbol	Fungsi
7	CB1	Bit. Voltan pemilihan. Pin perintang “pull up” luaran.
8	CB0	Bit. Voltan pemilihan. Pin perintang “pull down” luaran.

### 3.2.4 Konfigurasi NCP 1501

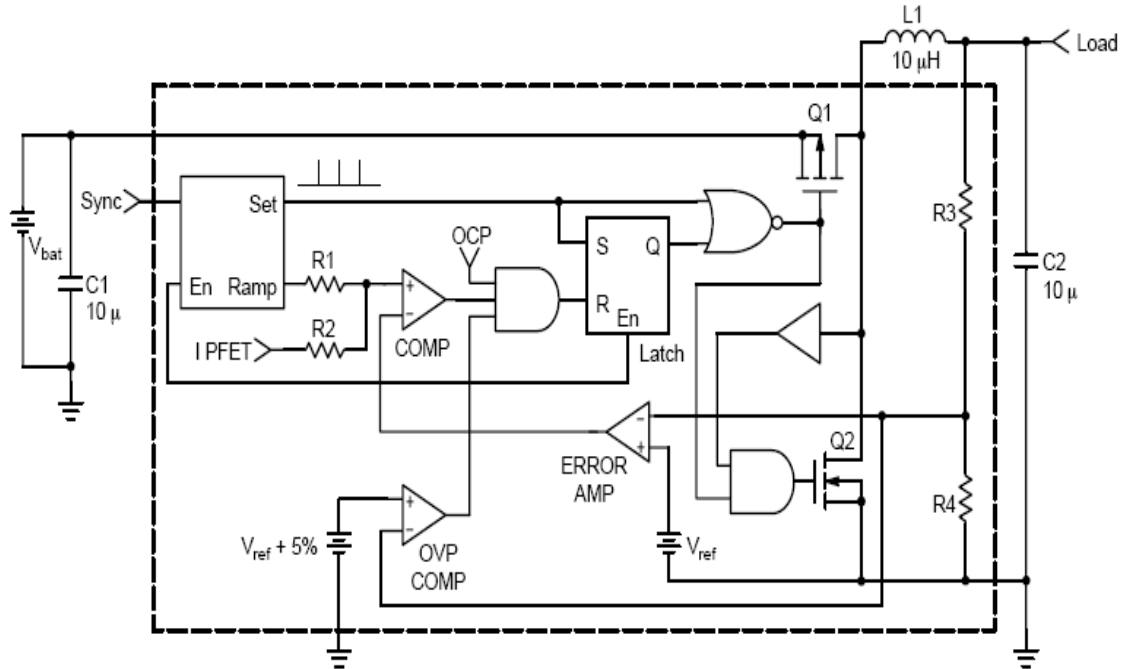


**Rajah 3.3 : Gambarajah blok bagi NCP 1501**

Komponen tambahan dalam litar adalah kapasitor seramik 10.0μF dan induktor 10μH.



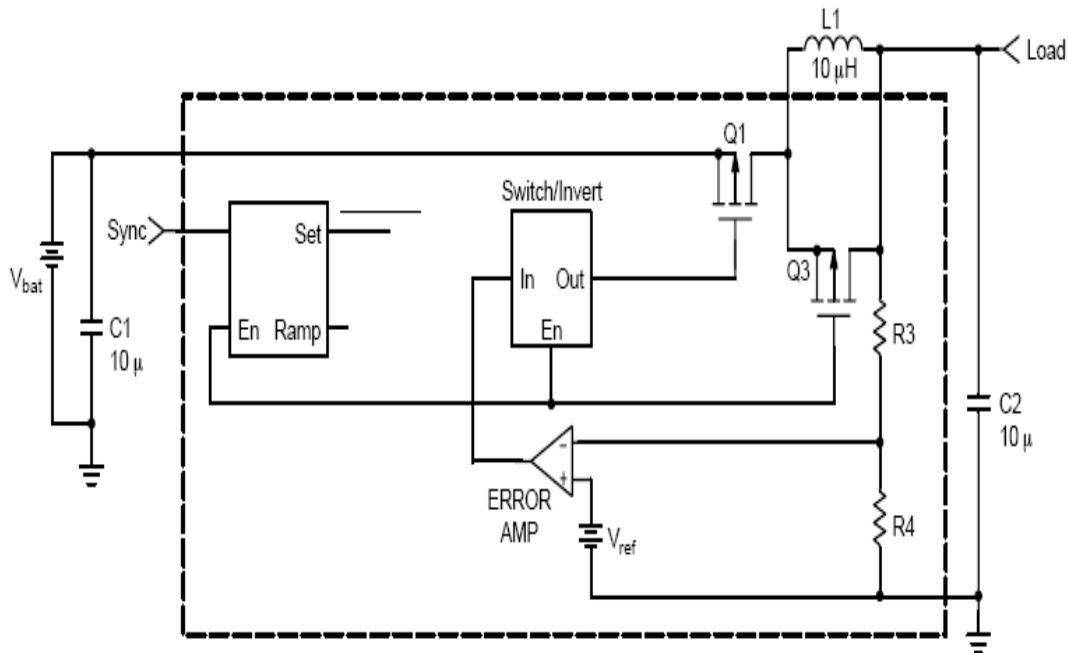
## 1)Mod PWM



**Rajah 3.4** : Skematik litar Mod PWM

Dalam operasi normal, dedenyut segerak bertindak sebagai jam untuk pengawal dc/dc. Kenaikan hujung jam menarik gate Q1 “low” dan membenarkan induktor untuk mengecas. Apabila arus pada Q1 atau voltan suap balik mencecah limit, Q1 akan “turn off” dan Q2 akan “turn on”. Q2 menggantikan diod di dalam litar penukar buck. Q2 akan “turn off” samaada dedenyut segerak pinggir wujud atau semua tenaga yang disimpan di dalam induktor habis digunakan. Q3 akan sentiasa berada dalam keadaan off semasa mod ini.

## 2) Mod LDO



**Rajah 3.5 :** Skematik litar mod LDO

Apabila dedenyut segerak tidak wujud, NCP 1501 akan beroperasi dalam mod LDO. Litar LDO akan mengaktifkan  $Q3$  untuk memintas litar ke induktor.  $Q1$  mengawal laluan voltan. Liatar akan melepaskan kawalan  $Q1$  dan “turn off”  $Q2$ .

### 3.2.5 Pemilihan voltan output

Pemilihan voltan output boleh dipilih melalui 2 pin iaitu  $CB1$  dan  $CB0$ . Jika kedua – dua pin ini dibiarkan terapung kepada litar luaran, voltan output akan menjadi “default” iaitu 1.35V.