

# 現代汽車電子學

AUTOMOTIVE ELECTRONICS

(修訂版)


高義軍 編著

 全華圖書股份有限公司 印行

# 現代汽車電子學(修訂版)

---

高義軍 編著

 全華圖書股份有限公司 印行

國家圖書館出版品預行編目資料

現代汽車電子學 / 高義軍編著. -- 二版. --  
臺北縣土城市：全華圖書, 2007.09  
面；公分  
參考書目:面  
ISBN 978-957-21-6024-4(平裝)

1. 汽車電學

447.1

96017584

## 現代汽車電子學(修訂版)

編 著 高義軍  
執行編輯 陳盈君  
發行人 陳本源  
出版者 全華圖書股份有限公司  
地 址 236 台北縣土城市忠義路 21 號  
電 話 ( 02 ) 2262-5666 (總機)  
傳 真 ( 02 ) 2262-8333  
郵政帳號 0100836-1 號  
印 刷 者 宏懋打字印刷股份有限公司  
圖書編號 0395001  
二版一刷 2007 年 11 月  
定 價 新台幣 650 元  
I S B N 978-957-21-6024-4

全華圖書  
www.chwa.com.tw  
book@ms1.chwa.com.tw

全華科技網 OpenTech  
www.opentech.com.tw

**有著作權 · 侵害必究**

從事電子技術教學已快三十年，發現這些年來汽車機械與電系結構方面有極大的進步，在機械結構的部份固然進步不少，但電子高科技融入汽車領域後，汽車系統性能的突飛猛進，則更是整個時代的趨勢。

電子科技進步神速，各行各業無不以此來提升其產品的品質與效能。汽車業也同樣面臨這種高科技機械與電子整合的壓力與挑戰。電子科技應用在汽車領域中的主要目的，在於改善傳統汽車的缺失，提高汽車的效率、安全性、舒適性，以及最重要的環保問題。愈是先進的國家，在減低汽車排放廢汽對環境所造成污染的要求愈為嚴格，如何利用高科技如微處理機(或微電腦)及電子電路與電子元件如積體電路、感知器等，結合機械結構達成上述的要求，幾乎是各汽車廠家追求的目標。

個人以多年從事汽車電子教學的經驗，有感遺憾於汽車學科的教學仍偏重在機械工程的領域，對電子工程的課程則只有極少的點綴。而現代車輛系統滿佈著各種電子部件，技術人員以傳統的知能，面對現代化的汽車，勢必感到難以勝任。

汽車工業是一種機電整合型的工業，在校修習的時間有限，學生對機械工程的知識和技術確要充實，但電子科技又是另一種有別於機械部份的學科。要機械專長的汽車科系學生深入探討電子學的理论與實務，有時間不足的無奈；如果將汽車電子的維修工作交給電子專長的技術人員，則又會有對機械部份摸不著邊的感覺。為了彌補這個缺憾，除了提升汽車領域師資在電學方面的能力外，還要有良好的教材，兩者都不可或缺。

國內外有關汽車電子學的書籍頗多，但能提供給技職院校汽車領域學生研究參考的書籍不多且零散。近日，欣見高義軍君將十多年來，投身於汽車教學工作，並在汽車電子領域中鑽研的心得，編寫成「現代汽車電子學」一書，對汽車電子的理論做系統的介紹。全書涵蓋汽車領域中各個部份，內容極為完整。由汽車電子的演進、電子元件、基本電路，談到類比與數位電路、感知器、類比與數位的轉換到微處理機，這些都是汽車電子的重要基礎，每個單元的內容都很豐富。其中理論與實際應用的電路實例，都有詳盡的介紹。本書以汽車科系學生的背景來探討電子技術的深奧道理，由淺入深，艱深的部份亦能深入淺出，可做為高職汽車科教學的參考，技院、科大學校的教本，企業界技術人員進修的良好書籍。在此為高君的努力肯定之外，也預期本書對我國汽車電子技術的提升必定有很大的貢獻。

彭信成

辛巳年初夏

于國立台灣師範大學

“現代汽車電子學”與電子學的範疇多有相同。對於汽車技術從業人員而言，面對現今大量應用在車上的自動控制、安全防護與環保污染防治系統中的電子、電腦及人工智慧診斷技術，唯實際深入瞭解電子學，乃當務之急！

本書作者，以其多年教學實務經驗，完成此著作，實為相當寶貴之資源。全書共分12章，由淺入深，有系統的整理出汽車從業人員必備之汽車電子知識：

第一章為汽車電子系統應用範圍與發展。

第二章從電子的發現切入，詳述電流、電壓、電阻、電容的觀念與特性。車上所有被控元件均為線圈。

第三章以電磁原理細說電磁元件的控制與作用，並以波形檢測、應用實例來對照，為相當用心的一份教材。

第四章為基本波形。任何波形的基本三要素是：ON-OFF 迴路、線圈迴路及升降壓迴路。在汽車電學的實測中，常忽略時間因素，波形的分析著重於電壓(電流)與時間變化的關係，而延伸出Hz(頻率)、duty%(百分比)、ms(仟分秒)等單位。本章說明波形的形成與條件，並輔以示波器實例。

第五章解說半導體之原理與特性，瞭解電子元件的特性後，才能正確的運用及量測，文中的公式與曲線，是讀者必須充份理解的重點。要準確應用檢測儀器來量測電路，就須具備正確的電路概念並理解定律。

第六章是汽車從業人員必讀且必須融會貫通的重要資料。汽車電路中所使用的電源有四種：由電瓶來的、由發電機輸出的、經由開關或控制繼電器來的，以及由電腦輸出供給的電源。

第七章描繪出電源的整流、濾波、穩壓及A/D，D/A之轉換原理。

第八章介紹放大電路；即以小電流(壓)控制大電流(壓)的電路，諸如繼電器與電晶體之等效電路。由於控制技術的精準化，非一般機械式繼電器所能達到，因此須借助晶體、電阻、電容，三個基礎元件來完成任務。本章亦深入淺出解說偏壓電流與控制放大率間的關係。

第九章為運算放大器。電路的控制是在有效條件下所執行的動作，因此，運算判斷與放大控制的條件都須在已知的範圍內，運算電路便是由此而生。本章介紹諸多積體元件(IC)，並藉應用電路，讓讀者容易理解放大電路與運算電路的作用原理。感知器輸出的信號不外乎電壓、頻率、電流的變化，作用原理是如此簡單，但應用範圍卻是相當廣泛。

第十章全以實車實例解說，有助於讀者充份應用在車輛實務檢測技術中。由0-1，Hi-Lo之變化條件做為人工智慧的控制，即為數位原理。其後，並組成邏輯判斷與記憶比較之控制修。

第十一章著重於數位判斷之基礎原理，也是車輛電子控制程式化原理的基礎。控制的三要素：輸入(信號)—處理(運算)—控制(線圈)。

第十二章將實際的車輛，以模組化的方式解說分析輸入訊號、處理器和程式化記憶體，並導入人工智慧自我診斷。有系統的綜合歸納，為讀者建立一個完整的觀念。

綜論本書，實為不可多得的好教材，已足涵汽車從業人員在汽車電子方面應有的知識。唯讀者需實際應用在實車的經驗，以取得理論與實務的結合。願作者與讀者，均從教學相長中獲益。

粗淺之見為書提筆作序。希冀讀者藉由序言，掌握學習重點並建立概念，實為本意！

笛威科技 總經理  
張珉豪 謹識

# 自序

十五年前，對於一位修習車輛工程的人來說，若是懂得電子學中的分壓器電路、電晶體放大作用；或是能以三用電錶讀取線路的端電壓、電阻值，便可以稱得上是汽車電子學界的“專家”了！

然而，十五年來，由於材料科學、微電子學、自動控制等理論發展的不斷突破，引領汽車電子學走入另一新的紀元。今天，這一部會動的“機器”裡面，已採用了許多的微處理器、類比或數位元件，以及車身網路系統做控制，而未來更將與網際網路發生關係！

所以，現代的汽車電子學專家，在理論方面可能需要懂一點霍爾效應、邏輯電路或是PWM、ADC，以至於MUX、CAN\_BUS…的概念；在實務方面則還要會使用示波器、頻譜分析儀等儀器。汽車電子學的領域幾已涵蓋了：電子學、電路學、電磁學、數位電子學和微電腦、通訊網路等學科！

這是我寫『現代汽車電子學』的初始負擔。多年以來，一直想為汽車科系的同學寫一本簡單、易懂的汽車電子學 textbook，它沒有 reference book 般的複雜深奧，卻是可以作為接觸汽車電子學的入門書籍。全書以歷史性的、啓示性的軟性基調切入，將理論電子學與現今的汽車電子元件結合。期盼讀者能夠獲得具啓發與宏觀視野的電子學概念。

事實上，在進入網際網路時代的今天，取得知識或技術的方法已變得多元，書本的角色與地位亦不若昔往。本書定位在 textbook，即以能提供基礎學習為旨。本書參考教育部新訂之大專汽車電子學及職校工科電子學標準編著，可提供作為：

- (1) 科大、技院車輛工程科系學生的汽車電子學科目選讀或參考用書；
- (2) 高工汽車科（實施學年學分制）汽車電子學校訂選修科目用書；
- (3) 實際從事車輛維修之技術人員訓練或自修教材。

『現代汽車電子學』得以完成，要感謝許多人的支持與鼓勵，感謝張勇富學長、李詩鎧老師、張舜長教授在電子學理論、新技術文獻上的協助；感謝葉富祿先生提供實務經驗與數據；感謝師大彭信成教授、笛威張珉豪總經理為本書作序；最後感謝 16 個月來辛勤付出的家人。願榮耀歸神，祝福給讀者！

高義軍

於台灣花蓮

yjiun.kao @msa.hinet.net

# 編輯部序

「系統編輯」是我們的編輯方針，我們所提供給您的，絕不只是一本書，而是關於這門學問的所有知識，它們由淺入深，循序漸進。

本書是一本簡單、易懂的汽車電子學，以歷史演變、啓示性切入。將理論電子學與現今的汽車元件結合，讓讀者獲得啓發、宏觀視野的電子學概念；並蒐集歐、美、日等車廠最新發展實務資料，結合汽車電子學理論，作有系統說明。本書適合大專院校車輛工程、高工汽車科系及從事車輛維修之技術人員訓練或自修使用。

同時，爲了使您能有系統且循序漸進研習相關方面的叢書，我們以流程圖方式，列出各有關圖書的閱讀順序，以減少您研習此門學問的摸索時間，並能對這門學問有完整的知識。若您在這方面有任何問題，歡迎來函連繫，我們將竭誠爲您服務。



## 相關叢書介紹

書號：02805  
書名：汽車電子技術入門(全)  
編著：李添財  
16K/424 頁/390 元

書號：05473  
書名：電動汽機車  
編著：李添財  
20K/496 頁/450 元

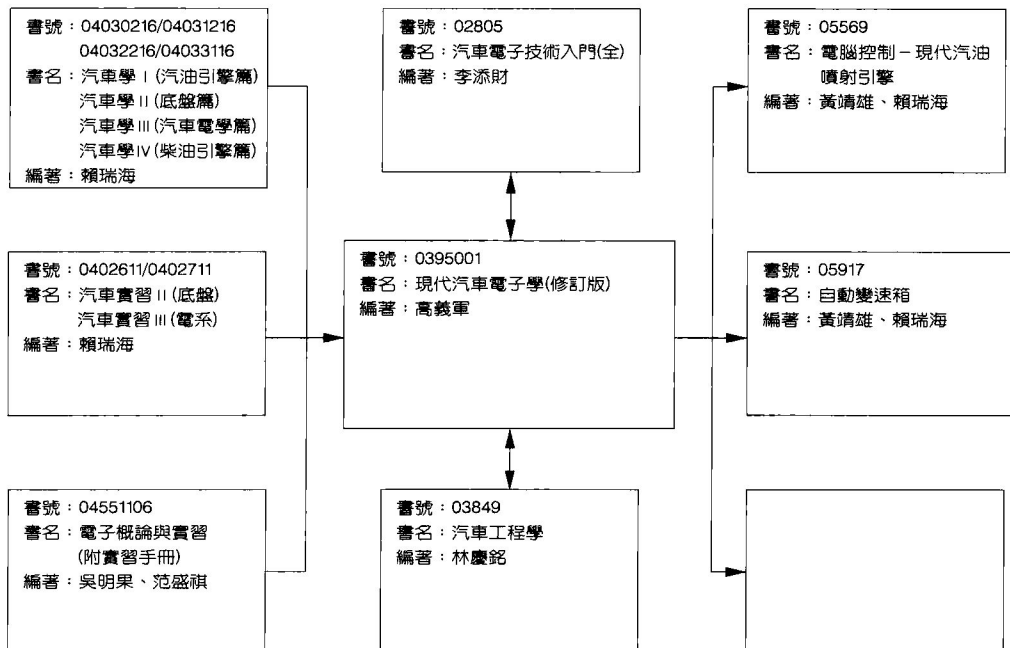
書號：05569  
書名：電腦控制－現代汽油噴射引擎  
編著：黃靖雄、賴瑞海  
16K/384 頁/390 元

書號：03461  
書名：汽油引擎的理論與技術  
編譯：蔡欣正  
20K/256 頁/290 元

書號：05917  
書名：自動變速箱  
編著：黃靖雄、賴瑞海  
16K/416 頁/450 元

◎上列書價若有變動，請以最新定價為準。

## 流程圖



# 目錄

## 第 1 章

### 現代汽車電子的應用及發展

1-1	概 述	1-2
1-2	引擎動力系統	1-3
1-2-1	引擎電子控制系統	1-3
1-2-2	電子式車速控制系統	1-4
1-2-3	恆溫控制系統	1-4
1-2-4	電子控制柴油噴射泵系統	1-4
1-3	車身及底盤系統	1-6
1-3-1	電子控制變速箱	1-6
1-3-2	轉向與懸吊控制系統	1-6
1-3-3	輔助空氣安全氣囊系統	1-7
1-3-4	電子式儀錶	1-8
1-3-5	防鎖死煞車系統／循跡控制系統	1-9
1-4	汽車電子化的未來	1-10
	習題	1-15

## 第 2 章

### 電子與電

2-1	電的歷史	2-3
2-2	汽車電子化的發展史	2-8
2-3	電子的基本概念	2-14

2-3-1	原子結構	2-15
2-3-2	離子化	2-18
<b>2-4</b>	<b>電流與電壓</b>	<b>2-19</b>
2-4-1	電 流	2-20
2-4-2	電 壓	2-21
<b>2-5</b>	<b>電 阻</b>	<b>2-22</b>
2-5-1	電阻器	2-23
<b>2-6</b>	<b>電容器</b>	<b>2-30</b>
<b>2-7</b>	<b>電功率</b>	<b>2-36</b>
<b>第二章 習題</b>		<b>2-37</b>

## 第 3 章

## 電磁原理

<b>3-1</b>	<b>磁的基本概念</b>	<b>3-2</b>
3-1-1	磁的特性	3-2
3-1-2	磁化、磁通密度	3-3
3-1-3	磁的應用	3-4
<b>3-2</b>	<b>電與磁的關係</b>	<b>3-15</b>
3-2-1	電磁效應	3-16
3-2-2	安培右手定則	3-17
<b>3-3</b>	<b>電 感</b>	<b>3-19</b>
3-3-1	電感器	3-21
3-3-2	充電與放電	3-27
3-3-3	自感與互感	3-29
<b>3-4</b>	<b>電磁感應</b>	<b>3-30</b>
3-4-1	法拉第感應定律	3-30
3-4-2	楞次定律	3-32
3-4-3	弗來明右手定則	3-36
3-4-4	霍爾效應	3-37
<b>3-5</b>	<b>汽車上常見之電磁元件</b>	<b>3-40</b>

3-5-1	磁力式拾波感知器	3-40
3-5-2	繼電器	3-43
3-5-3	電磁閥	3-47
3-5-4	點火線圈	3-52
3-5-5	步進馬達	3-60

<b>第三章 習題</b>	<b>3-73</b>
---------------	-------------

## 第 4 章

### 基本波形

<b>4-1</b>	<b>直流波與交流波</b>	<b>4-3</b>
4-1-1	直流波	4-3
4-1-2	週期、頻率與振幅	4-4
4-1-3	交流波	4-8
<b>4-2</b>	<b>方波與脈波</b>	<b>4-11</b>
4-2-1	方波	4-11
4-2-2	脈波	4-12
4-2-3	脈波寬度調變法(PWM)	4-16
4-2-4	類比訊號與數位訊號	4-18
<b>4-3</b>	<b>三角波與鋸齒波</b>	<b>4-19</b>
4-3-1	三角波	4-19
4-3-2	鋸齒波	4-21
<b>4-4</b>	<b>示波器</b>	<b>4-22</b>
4-4-1	示波器基本結構	4-26
4-4-2	示波器原理	4-32
4-4-3	測試探棒	4-42
4-4-4	數位儲存式示波器(DSO)	4-44
<b>4-5</b>	<b>汽車上常見之波形</b>	<b>4-47</b>
<b>第四章 習題</b>	<b>4-55</b>	

## 第 5 章

### 半導體原理

<b>5-1</b>	<b>雙極介面</b>	<b>5-3</b>
------------	-------------	------------

5-1-1	純質半導體	5-3
5-1-2	<i>N</i> 型與 <i>P</i> 型半導體	5-8
5-1-3	<i>PN</i> 介面	5-9
5-1-4	<i>PN</i> 介面的偏壓	5-11
<b>5-2</b>	<b>二極體</b>	<b>5-14</b>
5-2-1	整流二極體	5-15
5-2-2	稽納二極體	5-19
5-2-3	光電二極體	5-22
5-2-4	透納二極體	5-25
<b>5-3</b>	<b>雙極性介面電晶體(BJT)</b>	<b>5-26</b>
5-3-1	電晶體的基本結構	5-27
5-3-2	電晶體的工作原理	5-28
5-3-3	電晶體的放大作用	5-31
5-3-4	電晶體的開關作用	5-35
<b>5-4</b>	<b>場效電晶體(FET)</b>	<b>5-38</b>
5-4-1	JFET 的基本結構	5-39
5-4-2	JFET 的動作原理	5-40
5-4-3	MOSFET 的基本結構	5-43
5-4-4	MOSFET 的動作原理	5-46
<b>第五章 習題</b>		<b>5-50</b>

## 第 6 章

## 電子學重要定律和基本電路

<b>6-1</b>	<b>串聯電路與並聯電路</b>	<b>6-2</b>
6-1-1	串聯電路	6-4
6-1-2	並聯電路	6-8
6-1-3	複聯電路	6-14
<b>6-2</b>	<b>歐姆定律</b>	<b>6-16</b>
<b>6-3</b>	<b>分壓器電路與分流器電路</b>	<b>6-21</b>
6-3-1	分壓器法則	6-21
6-3-2	分壓器電路在汽車上的實例	6-24

6-3-3	分流器法則	6-40
<b>6-4</b>	<b>克希荷夫定律</b>	<b>6-42</b>
6-4-1	克希荷夫電壓定律(KVL)	6-44
6-4-2	克希荷夫電流定律(KCL)	6-47
6-4-3	節點電壓法	6-49
<b>6-5</b>	<b>戴維寧定理</b>	<b>6-54</b>
6-5-1	電壓源與電流源	6-54
6-5-2	戴維寧定理	6-60
<b>6-6</b>	<b>諾頓定理</b>	<b>6-66</b>
<b>6-7</b>	<b>惠斯登電橋</b>	<b>6-70</b>
6-7-1	電橋	6-71
6-7-2	電橋在汽車上的實例(熱線式空氣流量計)	6-74
<b>第五章</b>	<b>習題</b>	<b>6-78</b>

## 第 7 章

## 電源電路

<b>7-1</b>	<b>整流電路</b>	<b>7-2</b>
7-1-1	半波整流電路	7-3
7-2-1	中間抽頭式全波整流電路	7-7
7-1-3	橋式全波整流電路	7-13
<b>7-2</b>	<b>濾波電路</b>	<b>7-17</b>
7-2-1	電容輸入式濾波器	7-18
7-2-2	電感輸入式濾波器	7-22
7-2-3	<b>RC</b> 與 <b>LC</b> 濾波器	7-25
<b>7-3</b>	<b>穩壓電路</b>	<b>7-29</b>
7-3-1	稽納二極體穩壓電路	7-30
7-3-2	射極隨耦型穩壓電路	7-37
7-3-3	回授放大器型穩壓電路	7-39
<b>7-4</b>	<b>交換型電源</b>	<b>7-42</b>
7-4-1	交換型穩壓器用變壓器	7-43

7-4-2	頻率控制式	7-47
7-4-3	脈波寬度調變法(PWM)	7-49
<b>第七章 習題</b>		<b>7-53</b>

## **第 8 章**      **放大電路**

<b>8-1</b>	<b>電晶體偏壓電路</b>	<b>8-3</b>
8-1-1	固定偏壓法	8-6
8-1-2	射極回授偏壓法	8-8
8-1-3	集極回授偏壓法	8-11
8-1-4	分壓器偏壓法	8-14
8-1-5	共集極偏壓電路	8-18
8-1-6	共基極偏壓電路	8-20
<b>8-2</b>	<b>基本放大電路</b>	<b>8-23</b>
8-2-1	電晶體理想等效電路	8-27
8-2-2	放大器等效電路	8-31
8-2-3	共射極放大器	8-35
8-2-4	共集極放大器	8-41
8-2-5	共基極放大器	8-47
8-2-6	達靈頓對	8-49
<b>第八章 習題</b>		<b>8-55</b>

## **第 9 章**      **運算放大器**

<b>9-1</b>	<b>IC 的製造</b>	<b>9-2</b>
<b>9-2</b>	<b>運算放大器</b>	<b>9-14</b>
9-2-1	OPA 的特性	9-15
9-2-2	負回授 OPA	9-19
<b>9-3</b>	<b>運算放大器之應用</b>	<b>9-27</b>
9-3-1	比較器	9-27
9-3-2	加法器	9-33
9-3-3	積分器	9-37

9-3-4	微分器	9-40
9-3-5	振盪器	9-42
<b>第九章 習題</b>		<b>9-50</b>

## **第 10 章 汽車用感知器**

<b>10-1</b>	<b>速度感知器</b>	<b>10-5</b>
10-1-1	拾波線圈式	10-7
10-1-2	霍爾效應式	10-15
10-1-3	光電式	10-20
<b>10-2</b>	<b>溫度感知器</b>	<b>10-23</b>
10-2-1	熱敏電阻式	10-24
10-2-2	雙金屬式	10-29
10-2-3	磁性物質式	10-30
<b>10-3</b>	<b>流量感知器</b>	<b>10-31</b>
10-3-1	流量板式	10-32
10-3-2	加熱電阻式	10-34
10-3-3	熱線式與熱膜式	10-35
10-3-4	卡門渦流式	10-40
<b>10-4</b>	<b>壓力感知器</b>	<b>10-45</b>
10-4-1	壓容式	10-45
10-4-2	壓阻式	10-50
10-4-3	壓電效應式	10-52
<b>10-5</b>	<b>含氧感知器</b>	<b>10-57</b>
10-5-1	回授、迴路與 OBD	10-58
10-5-2	二氧化鋯與二氧化鈦型	10-67
10-5-3	稀薄空燃比(LAF)感知器	10-73
10-5-4	感知器的位置與測量	10-77
10-5-5	感知器的控制方式	10-82
<b>第十章 習題</b>		<b>10-85</b>



## 第 11 章

## 數位原理

11-1	類比與數位	11-2
11-2	二進位數及布林代數	11-5
11-2-1	二進位數	11-5
11-2-2	二進位數之轉換	11-7
11-2-3	布林代數	11-10
11-3	基本邏輯閘	11-11
11-3-1	反 閘	11-12
11-3-2	或 閘	11-14
11-3-3	及 閘	11-16
11-3-4	反或閘	11-20
11-3-5	反及閘	11-22
11-3-6	除或閘	11-24
11-4	組合邏輯電路	11-26
11-4-1	半加器	11-27
11-4-2	全加器	11-28
11-4-3	解碼器	11-32
11-4-4	多工器	11-38
11-5	順序邏輯電路	11-40
11-5-1	<b>RS</b> 正反器	11-40
11-5-2	<b>JK</b> 正反器	11-45
11-5-3	暫存器	11-48
11-5-4	計數器	11-50
11-6	記憶體	11-52
11-6-1	唯讀記憶體	11-53
11-6-2	隨機存取記憶體	11-57
	第十一章 習題	11-66

## 第 12 章

## 汽車電子控制模組