

電子裝置及電路

上 冊

著 者

密爾門 哈爾開

譯 者

謝 華 孫 博 士



現代實用知識叢書

電子裝置及電路（下冊）

著者：密爾門·哈爾開

譯者：謝華孫

出版者：春風出版社

九龍尖沙咀金龍大廈13樓

承印者：南岸印刷公司

澳門卑街75號

定價港幣十二元

序 言

這本書，作為電機工程或物理系學生電子學的入門教本，有二項基本目標：對許多電子設備內部的物理現象提供一個清晰的描寫，同時教讀者利用這些設備，如何分析並設計電子電路。

只有澈底地研讀電子物理學，尤其是固態物理，才能瞭解這種設備的用途及它所受的限制。由這類的物理研究，也可以推出這類設備的外在特性。根據這種特性，我們可以將這些設備用作電路單元，且進而決定它的大信號（非線型）性能。每個儀器的小信號（線型）模型也均已求得，並指出許多利用這類模型的電路的各項分析。我們所採用的方法是先由物理基礎來考慮一個電路，以便對它的性能有一個清楚的瞭解並獲得直覺的認識。然後才用數學方法（利用簡單的微分方程式）來表示它量的關係。

分析的方法以及許多不同設備及電路所共具的特徵均經加以強調。例如：克希荷夫的，戴維寧的，諾頓的及密勒的定理在全書內均用到。負荷線及偏壓曲線等的觀念被用來決定各種不同電路的操作情形。許多種放大器小信號模型下的輸入與輸出阻抗，電流及電壓放大率都經計算出來。

反饋對於輸入及輸出電阻，非線型變形（失真），頻率反應，以及各種設備及電路的電壓或電流放大率的穩定性等的影響均詳加研討。為了使學生們能辨別這些電路的各項應用起見，基本單位（如不調諧放大器，功率放大器，反饋放大器，振盪器及功率源）均被詳細討論到。

大部份所用都是實際（商場上現成的）設備的特性。這樣讀者們可以熟悉各儀器參數的大小，同一型內這些參數的變化範圍，它們對溫度的改變，電路中無可避免的並聯電容的效果，以及輸入，輸出電阻和負荷對電路的操作所具的影響。這些問題對於實習工程師或學生們具有極端的重要性，因為設計出來的電路必須在實際情形下適當地且可靠

HWK/19/68

地操作，而不是在假定的或理想化的環境中的。

書中有 600 個以上的習題，可用來測驗學生們是否已抓住了書中所述的基本觀念，同時並給他練習設計與分析電子線路的經驗。幾乎所有數字問題中所用的均是真實的參數值及規格。另有答案一冊可供學生參考，而凡採用本書為教本的教員均可自出版商處取得解答手冊一本。

這本書原來計劃為密爾門 (Millman) 的“真空管與半導體電子學” (Vacuum-tube and Semiconductor Electronics) 的第二版 (McGraw-Hill Book Company, New York, 1958)。然而加了這麼許多新材料，又改得如此之多，就值得另要一個書名才恰當了。這些改變均是很主要的，而且由於電子科學進步得如此快，尤其是不斷地由真空管改為電晶體及其他半導體設備，這些改變已是必需的了。書中和真空管有關的部份在百分之二十五以下，其他都在固態設備方面，尤其是雙極性的電晶體。有鑑於積體電路及場效電晶體的日益增加的重要性，這二項目各佔一整章。但為了避免使本書變得太龐大起見，決定不涉及氣體管，矽控整流器，多相整流器，調頻放大器，調變或測探電路。此書的同伴書，密爾門與陶伯 (Millman and Taub) 的 “Pulse, Digital, and Switching Waveforms” (McGraw-Hill Book Company, New York, 1965) 對非正弦波的發生與處理有很詳盡的討論。

我們對於敘述的方法，電路性能的解釋，一套統一的符號的應用，插圖的畫法，以及許多例題的解求均深加考慮。為的是希望能使此書也可供自修之用，同時也可幫助在實習中的工程師們在這種進步神速的界域內能追上時代。

著者們對下列諸君非常感謝：P.T. Mauzey, H. Taub 教授，及 N. Vougaris，他們看了書中某些部份且作了非常有價值的批評。我們同時為了本書中有些關於半導體儀器穩定狀態的特性及電晶體放大器的材料與 Millman 及 Taub 的 “Pulse, Digital, and Switching Waveforms” 一書中相仿而向 Taub 博士致謝，我們並且非常感激 V. Johannes 博士及 Motorola, Inc. 的 “積體電路” 一書 (McGraw-Hill Book Company,

New York, 1965) 對第十五章所產生的影響。我們還特別要向 S. Silverstein 小姐致謝, 她是市立大學 (The City College) 電機系的行政助理, 她對於稿子的處理上具獨到的貢獻。我們同時要對 J.T. Millman 和 S. Thanos 的幫助予以致謝。

Jacob Millman

(甲可伯·密爾門)

Christos C. Halkias

(克里斯多·哈爾開)

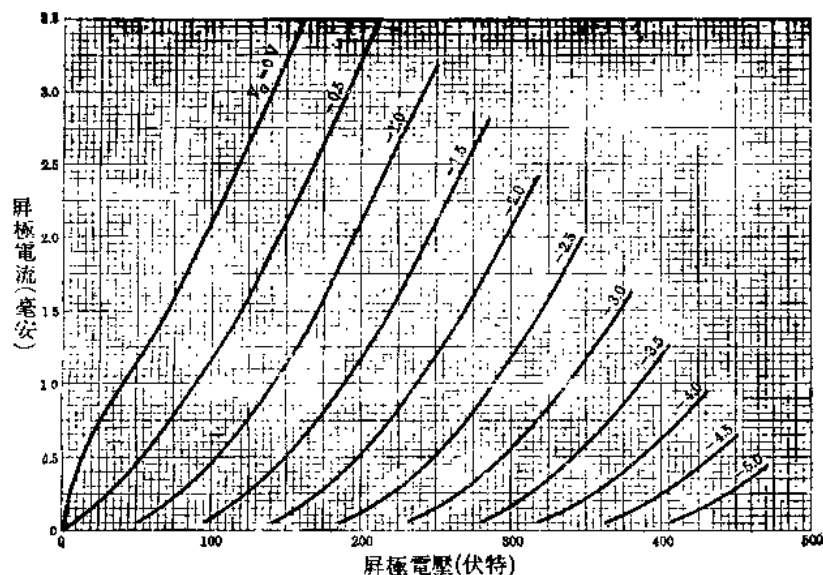


圖 D-6 12AX7(6681 及 7058)負載特性曲線 (每節的)

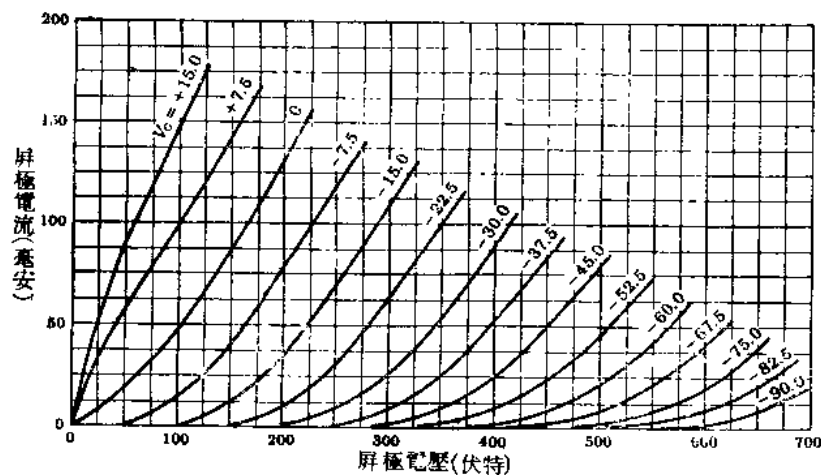


圖 D-7 6L6 三極管 (源柵接到屏極)

電子裝置及電路

上 冊 目 次

序 言

第一章 電子彈道學 1~40

- | | |
|-----------------|-----------------------|
| §1-1 帶電質點 | §1-2 帶電質點在電場內所受的力 |
| §1-3 定值電場 | §1-4 電位 |
| §1-5 eV能疊單位 | §1-6 電位和電場強度的關係 |
| §1-7 二維空間的運動 | §1-8 陰極射線管內的靜電折射 |
| §1-9 陰極射線示波器 | §1-10 由速度而引起的質量的相對性變化 |
| §1-11 磁場中的力 | §1-12 電流密度 |
| §1-13 磁場內的運動 | §1-14 陰極射線管內的磁力折射 |
| §1-15 磁力聚焦 | §1-16 平行的電、磁場 |
| §1-17 互相垂直的電、磁場 | §1-18 廻旋加速器 |

第二章 能階及能帶 41~60

- | | |
|------------------|---------------|
| §2-1 原子的本性 | §2-2 原子的能階 |
| §2-3 光的光子性 | §2-4 游離 |
| §2-5 電子與原子的碰撞 | §2-6 光子與原子的碰撞 |
| §2-7 介穩狀態 | §2-8 物質的波動性 |
| §2-9 元素的電子結構 | §2-10 晶體的能帶理論 |
| §2-11 絕緣體、半導體和金屬 | |

第三章 金屬內的傳導.....61~88

- | | |
|---------------|------------------|
| §3-1 可動性及傳導係數 | §3-2 分析質點運動的能量方法 |
| §3-3 金屬內的位能場 | §3-4 束縛電子與自由電子 |
| §3-5 電子的能量分佈 | §3-6 狀態密度 |
| §3-7 工作函數 | §3-8 熱游子放射 |
| §3-9 接觸電位 | §3-10 放出電子的能量 |
| §3-11 加速電場 | §3-12 強電場放射 |
| §3-13 二次放射 | |

第四章 真空雙極管特性 89~107

- | | |
|--------------------|----------------|
| §4-1 陰極物質 | §4-2 商用陰極 |
| §4-3 電極間電位的變化 | §4-4 空間電荷流 |
| §4-5 影響空間電荷流的因素 | §4-6 雙極管特性線 |
| §4-7 理想的雙極管和熱游子雙極管 | §4-8 雙極真空管的額定量 |
| §4-9 雙極管作為線路的單元 | |

第五章 半導體內的傳導109~132

- | | |
|-------------------|---------------------------|
| §5-1 本質半導體內的電子和電洞 | §5-2 半導體的傳導係數 |
| §5-3 本質半導體內載體濃度 | §5-4 施體和受體雜質 |
| §5-5 半導體內電荷密度 | §5-6 滲有雜質的半導體的 <u>費密階</u> |
| §5-7 擴散 | §5-8 載體壽命 |
| §5-9 連續性公式 | §5-10 <u>霍爾效應</u> |

第六章 雙極半導體特性133~179

- | | |
|--------------------------|-----------------------|
| §6-1 $p-n$ 接頭的質方面的理論 | §6-2 $p-n$ 接頭作為一個雙極體 |
| §6-3 斷路 $p-n$ 接頭的能帶結構 | §6-4 $p-n$ 雙極體中的各電流分量 |
| §6-5 $p-n$ 雙極體內電流的量方面的理論 | §6-6 伏特-安培特性曲線 |
| §6-7 $p-n$ 特性曲線的溫度關係 | §6-8 雙極體的電阻 |
| §6-9 空間電荷電容，或過渡電容 C_r | §6-10 擴散電容 |
| §6-11 $p-n$ 雙極體的轉接時間 | §6-12 破壞雙極體 |
| §6-13 透納雙極體 | §6-14 透納雙極體的特性 |

第七章 真空管特性181~214

- | | |
|---------------------|---------------------|
| §7-1 三極管內的靜電場 | §7-2 電極上的電流 |
| §7-3 商用三極管 | §7-4 三極管特性 |
| §7-5 三極管的參數 | §7-6 簾柵管或四極管 |
| §7-7 五極管 | §7-8 束射功率管 |
| §7-9 三極管作為電路單元 | §7-10 陰極接地的電路的圖解分析法 |
| §7-11 動態互換特性曲線 | §7-12 負荷線與動態負荷線 |
| §7-13 帶有陰極電阻的電路的圖解法 | §7-14 實用陰極耦合線路 |

第八章 真空管的小信號模型及其應用215~252

- | | |
|--------------|-----------------|
| §8-1 對靜態值的變量 | §8-2 一個管子的電壓源模型 |
|--------------|-----------------|

4 電子裝置及電路

- | | |
|----------------------------|--------------------------|
| §8-3 管子電路的線型分析 | §8-4 等效電路的 <u>泰勒級數導法</u> |
| §8-5 管子的電流源模型 | §8-6 普遍化的真空管放大器 |
| §8-7 任何放大器的 <u>戴維寧</u> 等效路 | §8-8 從一個管子的屏極或陰極看進去 |
| §8-9 有陰極電阻的電路 | §8-10 三極管串聯放大器 |
| §8-11 三極管內各電極之間的電容 | §8-12 三極管的輸入導納 |
| §8-13 多極管中的極間電容 | §8-14 高頻率時的陰極追隨器 |

第九章 電晶體特性曲線253~302

- | | |
|----------------------------|--------------------|
| §9-1 接頭電晶體 | §9-2 電晶體內電流的分量 |
| §9-3 電晶體作為放大器 | §9-4 電晶體構造 |
| §9-5 電晶體內電流的詳細研究 | §9-6 電晶體的 α |
| §9-7 共基極的聯法 | §9-8 共射極聯法 |
| §9-9 共射極的截止區 | §9-10 共射極飽和區 |
| §9-11 大信號、直流和小信號時共射極的電流放大率 | §9-12 共集電極的電路聯法 |
| §9-13 共射極電路的圖解法 | §9-14 電晶體特性曲線的解析式 |
| §9-15 截止和飽和區的分析 | §9-16 電晶體接頭電壓的代表值 |
| §9-17 電晶體的轉換時間 | §9-18 最高額定電壓 |

第十章 電晶體的各式偏壓及其熱穩定303~338

- | | |
|----------------|---------------|
| §10-1 操作點 | §10-2 偏壓穩度 |
| §10-3 集電極-基極偏壓 | §10-4 自偏或射極偏壓 |

§10-5 自偏電路內對 V_{BE} 及 β 的變化的穩定性	§10-6 集電極電流穩定性的一般評論
§10-7 偏壓補償	§10-8 線型積體電路的偏壓電路
§10-9 熱調器及敏感器補償	§10-10 熱跑脫
§10-11 熱穩定性	

習 題	Ex1~Ex46
-----------	----------

附 錄	I ~ VII
-----------	---------

- A 一般物理常數的概值
- B 變換常數及字首
- C 元素的週期表
- D 真空管特性曲線

電子裝置及電路

下 冊 目 次

第十一章 小訊號低頻率電晶體模型..... 339

- | | |
|-----------------------|--------------------------|
| §11-1 雙埠裝置及拼合模型 | §11-2 電晶體的拼合模型 |
| §11-3 由特性曲線來決定 h 參數 | §11-4 各 h 參數的測量 |
| §11-5 三種電晶體組態的參數的變換公式 | §11-6 利用 h 參數分析電晶體放大電路 |
| §11-7 電晶體放大器組態的比較 | §11-8 電晶體電路的線性分析 |
| §11-9 一個共基極電晶體的實際模型 | §11-10 真空管和電晶體之間的類似處 |

第十二章 低頻率電晶體放大電路 373

- | | |
|---------------------|--------------------|
| §12-1 串級電晶體放大器 | §12-2 n 級串級放大器 |
| §12-3 分貝 | §12-4 簡化了的共射極拼合模型 |
| §12-5 共集電極組態的簡化計算 | §12-6 共基極組態的簡化計算 |
| §12-7 具有射極電阻的共射極放大器 | §12-8 射極隨耦器 |
| §12-9 密勒定理 | §12-10 高輸入電阻的電晶體電路 |
| §12-11 電晶體聯級放大電路 | §12-12 差值放大器 |

第十三章 高頻率電晶體 421

- | | |
|----------------------------------|----------------------------------|
| §13-1 高頻率 T 模型 | §13-2 共基極短路電流頻率響應 |
| §13-3 α 截止頻率 | §13-4 共射極短路電流的頻率響應 |
| §13-5 併合 Π 共射極電晶體模型 | §13-6 用低頻率 h 參數來表示併合 Π 的電導 |
| §13-7 由併合 Π 模型所得的 CE 短路電流放大率 | §13-8 電阻式負荷下的電流放大率 |
| §13-9 包括電源電阻在內的電晶體放大器的響應 | |

第十四章 場效電晶體 447

- | | |
|-------------------------|--------------------|
| §14-1 接合場效電晶體 | §14-2 夾止電壓 V_p |
| §14-3 接合場效電晶體的伏特-安培特性曲線 | §14-4 場效電晶體的小訊號模型 |
| §14-5 絕緣閘場效電晶體 | §14-6 共源放大器 |
| §14-7 共排放大器，或源極隨耦器 | §14-8 普遍化的場效電晶體放大器 |
| §14-9 場效電晶體的偏壓 | §14-10 單極-雙極電路的應用 |
| §14-11 場效電晶體作為壓變電阻 | §14-12 單接合電晶體 |

第十五章 積體電路 487

- | | |
|-----------------|-----------------|
| §15-1 基本的單石積體電路 | §15-2 晶膜增長 |
| §15-3 單蒸和蝕刻 | §15-4 雜質的擴散 |
| §15-5 單石電路的電晶體 | §15-6 單石雙極體 |
| §15-7 積體電阻器 | §15-8 積體容電器和電感器 |
| §15-9 單石電路的佈置圖 | §15-10 積體場效電晶體 |

§15-11 其他隔離法

第十六章 非調諧放大器 523

§16-1 放大器的分類

§16-2 放大器的失真

§16-3 放大器的頻率響應

§16-4 RC 耦合放大器

§16-5 RC 耦合放大級的低頻
率響應§16-6 真空管放大級的高頻率響
應§16-7 串級共射極電晶體放大
級

§16-8 放大器的步級響應

§16-9 串級放大級的通帶

§16-10 射極(或陰極)旁路電容
對低頻率響應的影響

§16-11 干擾輸入電壓

§16-12 雜訊

第十七章 反饋放大器及振盪器 561

§17-1 放大器的分類

§17-2 反饋觀念

§17-3 負反饋放大器的通性

§17-4 負反饋對輸出及輸入限
的影響

§17-5 電壓串聯式反饋

§17-6 電壓串聯式反饋對

§17-7 電流串聯式反饋

§17-8 電流分路式反饋

§17-9 電壓分路式反饋

§17-10 運算放大器

§17-11 運算放大器的基本用
途

§17-12 類比電子計算

§17-13 反饋和穩定度

§17-14 放大率和相位的邊界值

§17-15 正弦式振盪器

§17-16 移相振盪器

§17-17 共振電路振盪器

§17-18 振盪電路的一般形式

§17-19 晶體振盪器

§17-20 頻率的穩定度

§17-21 振盪器中的負電阻

4 電子裝置及電路

第十八章 大訊號放大器 633

- | | |
|-------------------|---------------------|
| §18-1 A類大訊號放大器 | §18-2 二次諧波的變形 |
| §18-3 高次諧波的產生 | §18-4 變壓器耦合的音頻功率放大器 |
| §18-5 利用真空管的功率放大器 | §18-6 動態負荷線的偏移 |
| §18-7 效率 | §18-8 推挽式放大器 |
| §18-9 B類放大器 | §18-10 AB類操作 |

第十九章 光電裝置 663

- | | |
|-----------------|----------------|
| §19-1 光電放射度 | §19-2 光電理論 |
| §19-3 幾項輻射名詞的定義 | §19-4 光電管 |
| §19-5 光電裝置的應用 | §19-6 倍增光電管 |
| §19-7 光電傳導係數 | §19-8 半導體光電雙極體 |
| §19-9 多接合光電雙極體 | §19-10 光電伏打效應 |

第二十章 整流器及電源 693

- | | |
|-------------------|----------------------------|
| §20-1 半波整流 | §20-2 漣波因數 |
| §20-3 全波整流器 | §20-4 其他全波電路 |
| §20-5 整流電路中的諧波成分 | §20-6 電感濾波器 |
| §20-7 電容濾波器 | §20-8 電容濾波器的近似分析 |
| §20-9 L形濾波器 | §20-10 多節L形濾波器 |
| §20-11 Π 形濾波器 | §20-12 以電阻代替電感的 Π 形濾波器 |
| §20-13 濾波器的總論 | §20-14 被調整的電源 |
| §20-15 串聯電壓調整器 | §20-16 用真空管調整的電源 |

習題 EX-47~108

索引 1~28

1

電子彈道學

§ 1-1	帶電質點	1
§ 1-2	帶電質點在電場內所受的力	3
§ 1-3	定值電場	4
§ 1-4	電位	7
§ 1-5	eV 能量單位	9
§ 1-6	電位和電場強度的關係	10
§ 1-7	二維空間的運動	10
§ 1-8	陰極射線管內的靜電折射	13
§ 1-9	陰極射線示波器	15
§ 1-10	由速度而引起的質量的相對性變化	16
§ 1-11	磁場中的力	18
§ 1-12	電流密度	20
§ 1-13	磁場內的運動	21
§ 1-14	陰極射線管內的磁力折射	23
§ 1-15	磁力聚焦	25
§ 1-16	平行的電、磁場	28
§ 1-17	互相垂直的電、磁場	31
§ 1-18	廻旋加速器	36