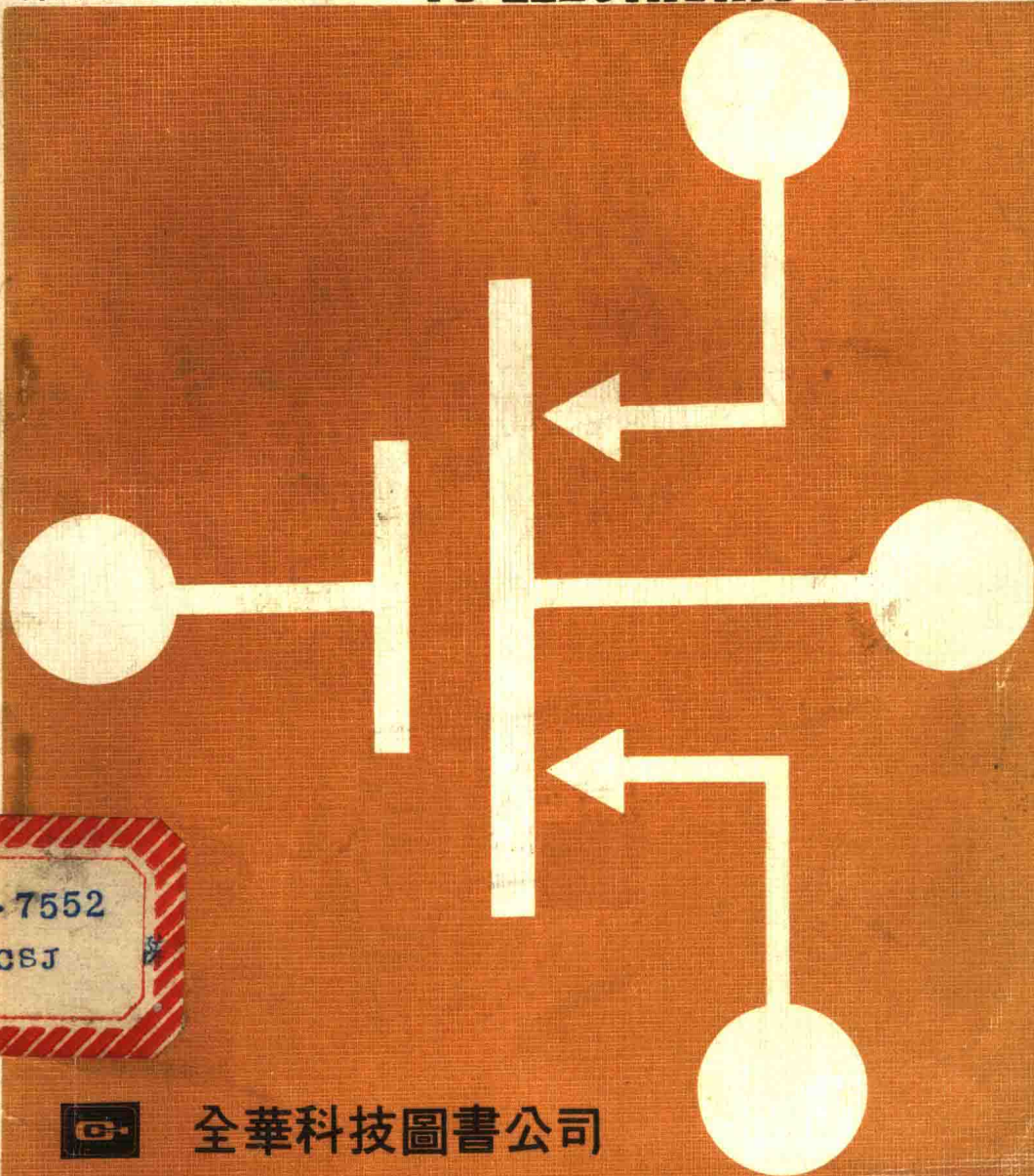


MOSFET 電晶體應用

APPLICATION OF
MOSFET DEVICES
TO ELECTRONIC CIRCUITS

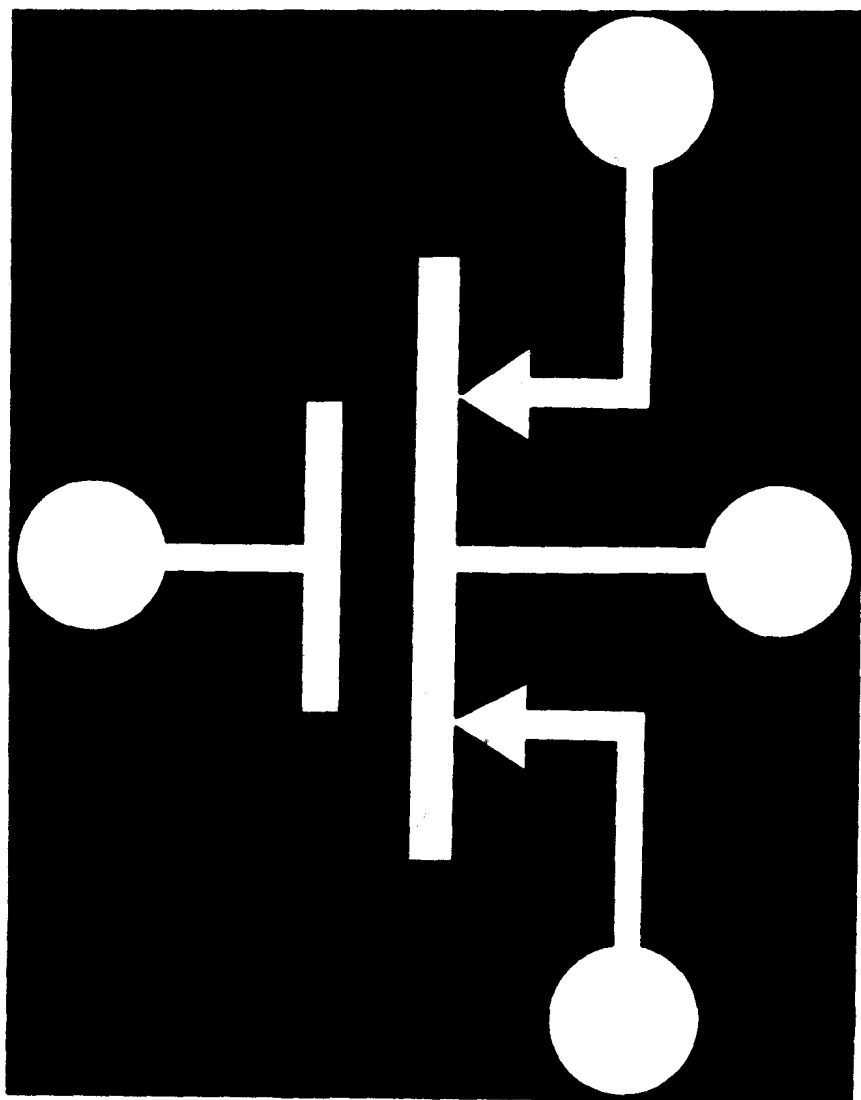
陳繩家 編譯



全華科技圖書公司

陳繩家 編譯

MOSFET 電晶體應用





全華圖書 版權所有 翻印必究

內政部登記證內版台業第 2232 號

MOSFET

電晶體應用

陳繩家 編譯

出版者 全華科技圖書公司

北市建國北路85巷17號二樓

電話: 5 8 1 - 1 3 0 0

郵撥: 1 0 0 8 3 6

發行者 蕭而卿

印刷者 樺文打字印刷公司

定 價 新臺幣 220 元整

初 版 中華民國63年2月

目錄

內容簡介.....	1
MOSFET的結構與特性	2
檢驗 P 一道增強式FET好壞的簡易測試器電路.....	5
MOSFET 參數測試器.....	6
FET 音頻前置放大器.....	7
適合晶體或陶質唱頭使用的FET 音質控制器	8
FET 音質控制器	9
基本的 2 瓦音頻放大器.....	10
高傳真放大器.....	11
FET 音頻信號混合器	12
FET 顫音器.....	13
增益為 1 的 FET 放大器.....	14
增益為 1 的高輸入阻抗MOSFET放大器	15
用FET作準位控制裝置.....	16
不需電源的音量壓縮器.....	17
MOS調階放大器	18
FET 凹形 (NOTCH) 濾波器.....	19
MOSFET 雙 T 型濾波器.....	20
MOSFET 雙 T 型阻隔頻帶濾波器.....	21
微微安培表 (Picoammeter)	22
場效應高增益線性放大器.....	23
DC調變器	24
截波 (Chopper) 放大器.....	25
非穩態多諧振器.....	26
可變工作週期(duty-cycle) 的非穩態多諧振器(astable multi-vibrator).....	27
脈衝產生器.....	28

FET 可變移相器	29
RC 振盪器	30
MOSFET 晶體振盪器	31
韋恩 (WIEN) 電橋振盪器(1)	32
韋恩 (WIEN) 電橋振盪器(2)	33
鋸齒波產生器	34
MOSFET 斜坡產生器	35
低功率 MOSFET 正反器	36
FET 「舒密特」 (SCHMITT) 觸發器	37
由信號控制操作的繼電器	38
延時繼電器	39
簡化延時繼電器	40
射頻 (RF) 接收機	41
AM 接收機	42
拼合疊接放大器 (Hybrid Cascode Amplifier)	43
疊接式 RF 放大器	44
MOSFET 平衡調變器	45
雙旁帶產生器	46
類比 - 數位轉換器	47
MOSFET 集成電路 (hybrid) 一閃光器	48
電源故障指示器	49
MOS 公式表	50

內容簡介

本書所收集的這些 MOS 場效應電晶體電路乃充分的利用了 MOS 電晶體所獨具特性。MOSFET 獨有的特性如下：

- 輸入阻抗極高
- 平方律特性
- 多數載體裝置特性
- 負溫度係數
- 抵補電壓爲零
- 電壓控制電阻特性

本書中絕大多數的例子，均因使用 MOSFET 裝置而使基本電路簡化，同時使構成一基本功能所需電路組件的數量減少。富於想像力的電子學熱愛者可以把這些電路併成完整的綫性或數字系統。

雖然所有這些電路都經過修改以使電路簡化及改善，但它們並非全是作者所設計出的。雖然所述電路皆經過試驗及測試，我們並不能保證這些電路圖是絕對正確的。

MOSFET的結構與特性

第一個商用MOSFET 電路出現在1964年，自此之後即聲譽日益增高，這是因為它們的包裝密度高，消耗功率低，價格低廉。在一個具 150×150 平方密爾的切片上可以製作5000個MOS裝置。由于MOSFET具有極高的輸入阻抗，在初期它主要是應用於低頻裝置中，當時並非針對VHF 頻域內（30到300MHZ）的應用而設計的。不過，近年來由于工業技術不斷地改進，商品特性精益求精，已發展出高頻MOS電晶體，它在VHF 時呈現高增益及低雜訊的特性，同時還具有非常低的回授電容和交互調變失真。鑑於通信頻帶的日益擁塞，極低的交互調變失真特性尤為重要。本書即列舉出MOSFET多種應用，由此可知其用途廣泛，在今日之電子工業中乃不可或缺者。

MOSFET 可分為二種基本的型態，即增強式（enhancement-type）MOSFET及空乏式（depletion-type）MOSFET。茲就其構造及其特性分述於下：

增強式MOSFET 圖1所示即為P型通道增強式MOSFET 的積體結構。如果將圖中的基片接地，並在閘極處加一個負電壓的話，電場就會直接垂直地通過氧化物。這電場將終止在半導體那邊“感應”的正電荷上。當閘極上的負電壓的大小增加時，半導體中感應的正電荷就會增加。氧化物絕緣層下面的區域內呈現有P型的載體，傳導率提高，同時電流就經過感應的通道而自SOURCE流到DRAIN去。因此，吸極電流被負的閘極電壓“增強”（enhanced）了，這種裝置就被稱做增強式（enhancement-type）MOSFET。

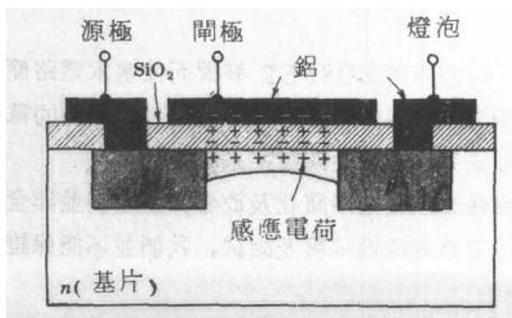


圖 1

空乏式MOSFET

圖 2(a)所示是一個 n 型通道空乏式 MOSFET 的積體結構。在這種裝置內當閘 - 源電壓為零時， $V_{GS} = 0$ ，會有不小的吸極電流 I_{DSS} 流動。如果 V_{GS} 是負的，就會在通道內感應出正電荷來。由於 FET 的電流係由主要載體（對 n 型材料而言是電子）形成的，感應的正電荷會使通道的導電性降低，是以當 V_{GS} 變得更負時，吸極電流會降低。通道內電荷的重新分佈造成主要載體的一種實效上的缺乏，故稱此種裝置為空乏式（depletion type）MOSFET。注意右圖 2(b) 中，由於吸極電流所造成的壓降，最靠近吸極的通道區域比接近源極處空乏得更厲害些。

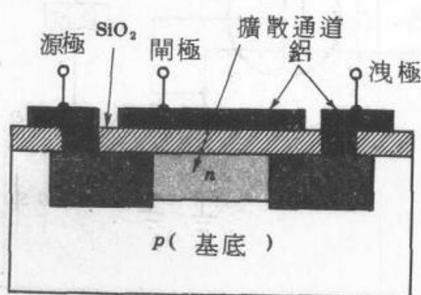


圖 2 (a)

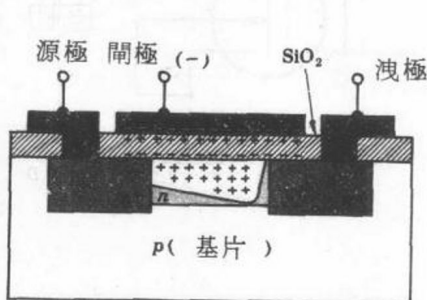


圖 2 (b)

電路符號 一般而言，與基片銜接處是可以製作在外面的，因而為一個四極裝置。然而，大多數的 MOSFET 係從內部將基片接到源極而為一個三極裝置。圖 3 所示為若干製造商所用的電路符號。

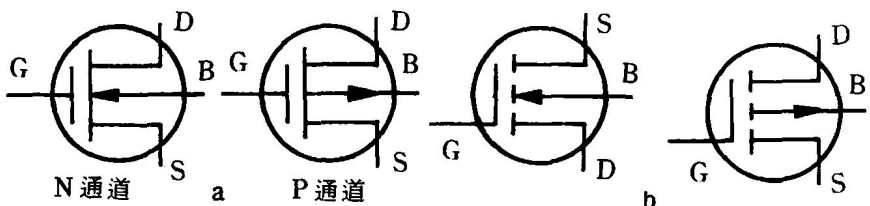


圖 3 a 空乏式

圖 3 b 增強式

圖 3 c 雙閘 N 通道式

偏壓考慮 MOSFET大都被接成共源極式的電路組態。圖 4 所示為在共源電路中三種對 MOS 電晶體加直流偏壓的方法。當然，MOS 電晶體也可能被接成共閘 (common gate) 或共汲極 (common-drain) (源極隨耦器) 組態。不過，這些電路在 VHF 應用上 並不很廣泛，原因是在高頻時，它們的增益低。

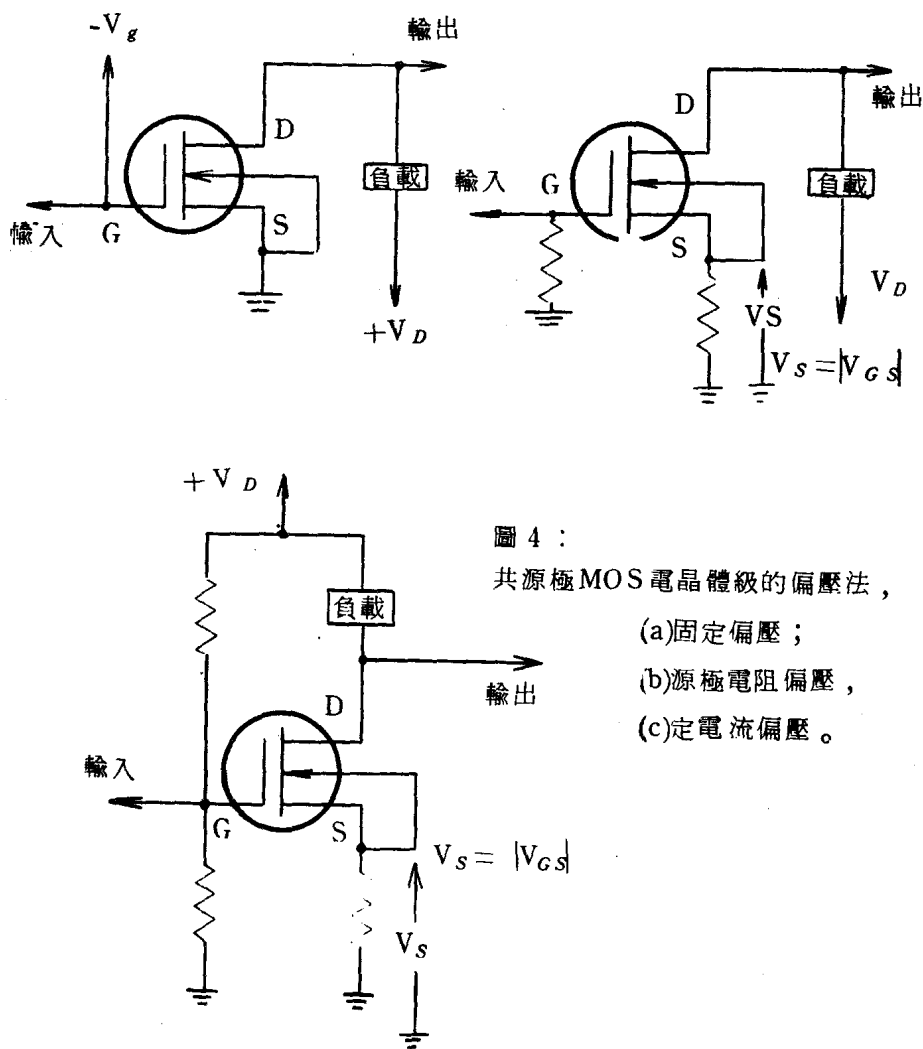
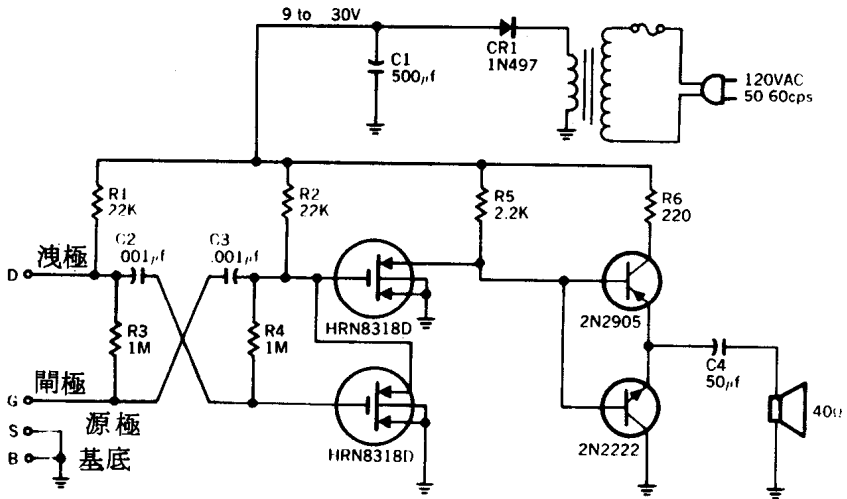


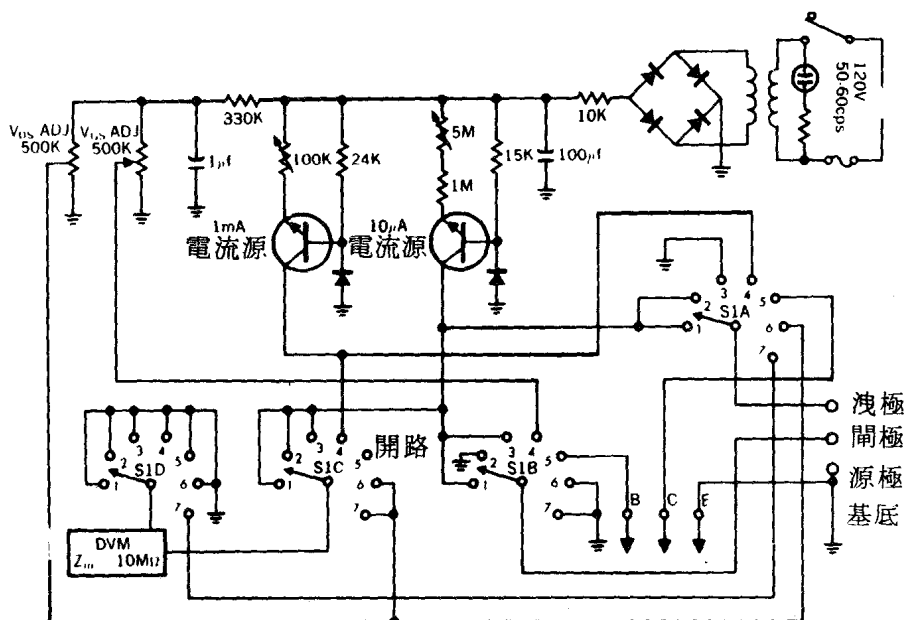
圖 4：
共源極 MOS 電晶體級的偏壓法，
(a) 固定偏壓；
(b) 源極電阻偏壓，
(c) 定電流偏壓。

檢驗 P 道增強式 FET 好壞的 簡易測試器電路



祇要適當地把 FET 揀入這個測試器的測試端，馬上就能檢驗出 FET 的好壞，如果是好的，測試器會發出一種聲音。被測的 FET 乃作為低頻複振器（multivibrator、多諧振盪器）的半邊電路，複振器接著一個場效應電晶體緩衝級與一對互補電晶體，隨後接上一支 40 歐姆喇叭。這台測試器可用電池操作便於攜帶外出服務或使用 AC 電源。同時此測試器還可用於許多 FET 裝置的生產裝配，以便在最後裝殼前能確定裝置的操作情況與連接是否適當。

MOSFET 參數測試器



選擇開關各檔用途說明

第一檔 = $V_{gs} \leq 80V @ 10\mu A$

第2檔 = $BV_{DS} \leq 80V @ 10\mu A$

第3檔 = $BV_{GS} \leq 80V @ 10\mu A$

第4檔 = $R_{DS} @ 1mA$

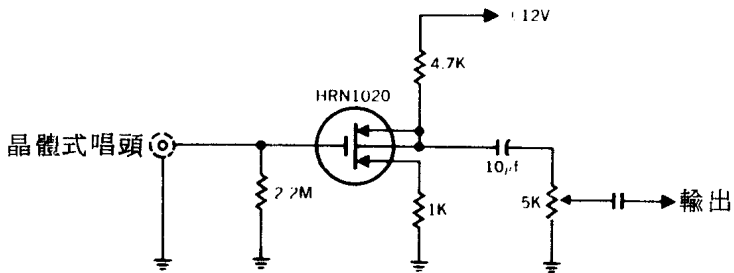
第5檔 = 一般示波器

第6檔 = V_{DS} for 1nA

第7檔 = 1nA調整監視器

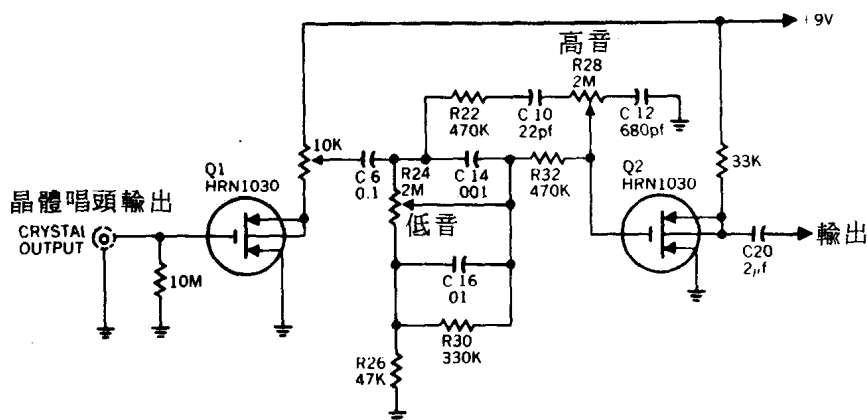
採用上圖測試器可使場效應電晶體的 DC 或靜態參數的測試工作簡化。這個測試器是特別設計用來測量 P - 道增強式 MOSFET，但若附加簡單電路就可用來測試所有型式 FET 的靜態特性。這種電路曾被裝入曲綫描示器接端插頭所安置的一個小盒中，以便在用數字電壓表作直接靜態測試時能同時用曲綫描示器作動態測試。為使易於用數字電壓表正確測量低漏電流起見，必須非常注意測試盒的配綫。要改善漏電流的測量應使綫間電容與漏電減至最小程度。藉助數字電壓表與精密電阻器，可將測該中所用電流源與電壓源作準確的校正。

FET音頻前置放大器



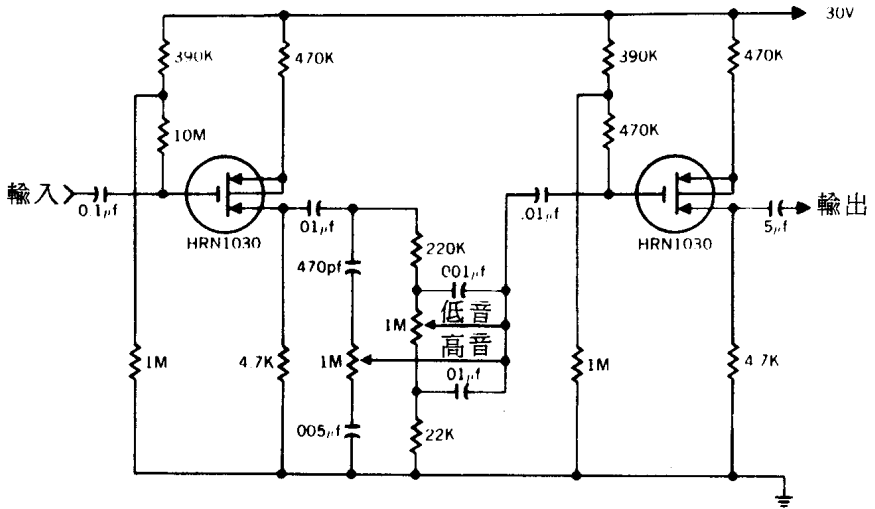
上圖為音量大小在輸出處控制的一個基本源極隨耦（source follower 或稱共吸極）放大器。這個基本電路可把來自高阻抗轉換器（transducer）的AC信號轉移到低阻抗雙極（biPolar）裝置所能適用的阻抗級。

適合晶體或陶質唱頭使用的 FET音質控制器



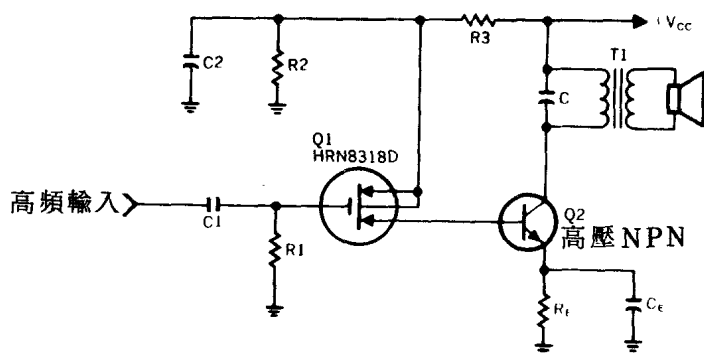
上圖所示 具音質控制器的 晶體唱頭前置放大器，具晶體唱頭音質控制器是利用 MOSFET 極高輸入阻抗特性的一個應用範例。 Q_1 為一源極隨耦放大器，其輸入阻抗極高而輸出阻抗相當低。它的高輸入阻抗使晶體或陶質轉換器（唱頭）的負載極小，在源極隨耦器輸出處可有 2 V 峯至峯值的最大電壓擺動量。圖示音質控制器的阻抗值均極高。這正適用拼合（hybrid）組成技術把整個電路裝配在陶質基底上的要求。

FET音質控制器



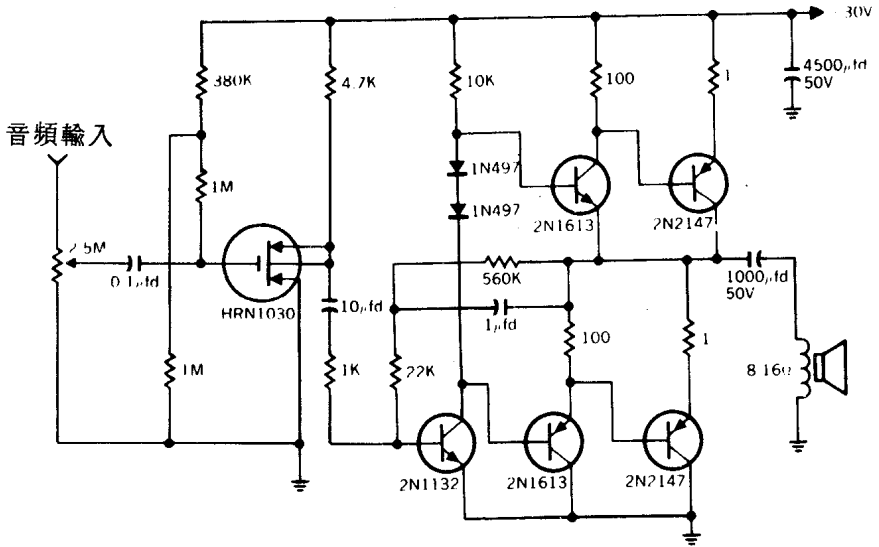
上面所示的電路圖為另一種高傳真音質控制器。這也是利用MOSFET裝置的極高輸入阻抗以減小電容性組件的尺寸大小。這個音質控制器的信號輸出可直接推動雙極電晶體所組成的功率放大器。

基本的 2 瓦音頻放大器



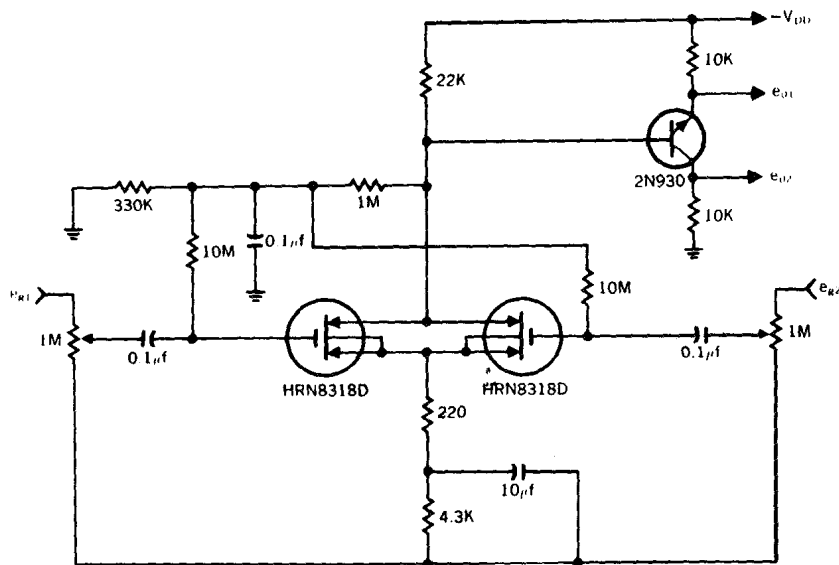
上圖為一 2 瓦音頻放大器，它能把來自高阻抗音源（例如晶體唱頭）的信號放大。MOSFET 提供極高的輸入阻抗並且使信號倒相而推動高壓的輸出裝置。輸入電阻器 R_1 應為百萬歐姆（ $M\Omega$ ）級，電容器 C_1 的數值是希望由 R_1 及 C_1 所造成的滯後時間來定。電阻器 R_2 與 R_3 構成一個簡單的分壓器與調整器以供 MOSFET 使用。因此，跨於 MOS 裝置上可保持一相當低壓的電壓，使輸出電晶體得以在滿額供應電壓下工作。圖示供應電壓 V_{cc} 應是整流過的電源電壓。電阻器 R_E 是作放大器輸出級的電流穩定及調整之用。

高傳真放大器



上圖為適合高傳真用的 5 瓦功率放大器。場效應電晶體所附的輸入電路可用前述幾個音質控制器之一代替。功率放大器的輸出電晶體必須加裝散熱片同時電源需加保險絲。

FET 音頻信號混合器



MOSFET 裝置的輸入與輸出之間的隔離非常良好，因此，它很適用於像上圖所示之信號混合器這類應用上。上示電路可工作在很寬範圍的供應電壓 V_{DD} 下，同時消耗電流小於 1 mA，因此可使用電池來推動。由於輸入阻抗極高，故可將此電路永遠接在像晶體唱頭或磁性拾音頭這類的信號源上。