

行政院國家科學委員會專題研究計畫 成果報告

壓電超音波換能器脈衝發射 / 接收裝置設計

計畫類別：個別型計畫

計畫編號：NSC92-2622-E-002-042-CC3

執行期間：92年12月01日至93年11月30日

執行單位：國立臺灣大學工程科學及海洋工程學系暨研究所

計畫主持人：宋家驥

計畫參與人員：黃俊雅

報告類型：精簡報告

處理方式：本計畫為提升產業技術及人才培育研究計畫，不提供公開查詢

中 華 民 國 94 年 3 月 25 日

行政院國家科學委員會
補助提升產業技術及人才培育研究計畫成果報告
壓電超音波換能器脈衝發射/接收裝置設計
計畫編號：NSC 92-2622-E-002-042-CC3
執行期限：92 年 12 月 1 日至 93 年 11 月 30 日
主持人：宋家驥 教授 國立台灣大學 工程科學及海洋工程學系

摘要

壓電超音波換能器脈衝發射/接收裝置設計主要的構想是設計一個寬頻的脈衝波驅動電路，來驅動一個也是寬頻的浸水式現有換能器 (PANAMETRICS 5MHz)。透過示波器與脈衝波接收裝置，我們可以清楚的看出脈衝波形與後續脈衝波的可能的應用。脈衝波的規格為可調式 0 V~ -190 V 的電壓，脈衝波的寬度為可調式 30 ns~70 ns。脈衝與脈衝重複的比率 (Pulse Repetition Rate) 也是可調式的，其值一定要大於 0.16 毫秒，我們訂為 0.1 秒。

一、介紹

在台灣的產業裡，脈衝波的應用可說是相當的廣泛，例如醫學上之醫用超音波，醫療用之熱療、霧化器，膝關節測量，風速計，輪胎檢測，測量河川水位之液位計，倒車雷達等，都是脈衝發射、與接收裝置設計的應用。其原理為發射端脈衝波之射出，透過換能器 (Transducer) 之後，接收端再接收其傳回之訊號。由上述之步驟，我們可以得知所要檢測物質之特性。脈衝的發出有分為三種方式：第一種為連續波，是屬於窄頻的方式。第二種為 Burst 波，介於窄頻於寬頻之間。第三種為 Pulse 波，是屬於寬頻的方式。其適用範圍端看換能器而定，例如寬頻的 Pulse 波匹配寬頻的換能器

效率最好，其次為窄頻的脈衝波匹配寬頻的換能器效率次之，最後寬頻的 Pulse 波匹配窄頻的換能器效率最差。寬頻的範圍約是 MHz 等級，窄頻的範圍約是幾十 KHz 至幾百 KHz。

二、理論分析

本研究是採用寬頻的作法且由電壓源來控制它。從數學上來分析在時域裡連續時間單位脈衝函數 $\delta(t)$ 經由傅立葉轉換 (Fourier Transformer) 所得到的是一個無窮寬的頻域函數。電路上的布置主要是分為三個部分。第一部分是電源供應的部分。第二部分是脈衝產生器前端的電路部分。第三部分是脈衝產生器主電路端的部分。第一部分電源供應主要的電路結構圖如附圖，也細分為三個部分。第一部份 (圖一)、(圖二) 為 0V~ -190V 的電壓且是一個可調式高壓電源供應器，第二部分 (圖三) 為一個 $\pm 15V$ 的中壓，第三部分 (圖四) 為一個 +5V 的低壓。這三種規格的電壓全部是一個漣波 (Ripple) 的形式。當我們使用到電源供應器時先需要一個變壓器，變壓器的規格為 136V, 18V, 10V 的交流電，輸入的電流是交流電、輸出的電流是直流電。至於為什麼要選用此上述電壓的數值主要的原因是要符合脈衝產生器所需。電源供應器用到的元件有橋式整流器、電容、二極體、穩壓器等，

其中因為高壓的部分是一個可調式的，因此另外配置有 BJT 電晶體、操作放大器 (Operational -Amplifier)、電阻以及一個 10KΩ 可調式開關。

第二部分脈衝產生器前端的電路結構圖如 (圖五) (圖六)，包含的元件有 555 震盪 IC 以及可程式控制的脈衝產生器 IC，兩顆 IC 都是供應 5V 的電壓。要注意的是當我們選用 IC 時都會並聯一個 0.1 μF 的電容，來確保當此 IC 運作時有足夠的電力與快速的反應時間。在 555 震盪 IC 的部分選用電阻與電容方式如下：555 震盪 IC 的作用是產生一個接著一個的脈衝波 (圖七)，輸出 (Output HIGH) 的時間訂為 t1 與輸出 (Output LOW) 的時間訂為 t2，其中：

$$t1 = 0.693 (R1 + R2) C1 \quad (1)$$

$$t2 = 0.693 (R2) C1 \quad (2)$$

$$\text{Total} = t1 + t2 = 0.693 (R1 + 2R2) C1 \quad (3)$$

其中 Total 為總時間 0.1 秒、R1 與 R2 為電阻、C1 為電容，因此我們選用市面上容易得到的電阻值 100kΩ、22kΩ 與電容值 1μF。另外此可程式控制的脈衝產生器 IC 主要的作用是用來控制 555 震盪 IC 產生一個個脈衝波的寬度，此 IC 適用的範圍為 30ns~70ns，範圍設定的方法是使用 PIN Assignment 來控制它。第三部分脈衝產生器的電路結構圖如 (圖八)，圖形左邊 INPUT 端輸入的訊號為 555 震盪 IC 以及可程式控制的脈衝產生器 IC 產生的訊號。包含的元件有驅動 IC 與 N 通道增強型 MOSFET IC、電阻、電容、二極體。其中此 MOSFET IC 的功能是作為開關之用，選用的元件要符合以下三個條件：反應快、耐高壓 (兩倍的高壓電源供應)、內阻低 (產生大電流)，同樣的如第二部分所描述，兩個 IC 都需並聯

一個 0.1 μF 的電容以及都是供應 +15V 的電壓。另外一個重要的說明是當脈衝波通過此 MOSFET IC 時是由正方波變成負方波，之後此出口端的負方波再與換能器匹配。經由 HP 4192A 阻抗分析儀量測出當此換能器與連接電路板所需約 5cm 的 BNC 電纜線與變壓器時，在 0°C 共振頻率為 4.66MHz、阻抗為 42Ω，因此我們脈衝產生器的電路需要約 3:1 的變壓線圈以及 47Ω、1kΩ 兩個電阻來匹配此換能器。在第三部分裡最佳佈線與接地的方法為使用酸液來蝕刻銅箔，此種方法最大的好處是容易佈線，只要計算好每個元件的長度即可，省卻了大量焊接的麻煩。另一方面對於接地點的配置也很有幫助，因脈衝產生器電路裡需要高壓 (-190V) 的輸入，所以需大面積的銅箔，但若單純使用導電線來焊接的話不但需極大孔徑的導電線，且焊接不易亦不美觀。

三、實驗結果與討論

對於可調式高壓電路部分我們做了一個實驗：當負載端是一個水泥電阻時 (規格為 20W 2kJ)，可調式開關 Vin 與輸出電壓 Vout 的關係如 (表一)，繪出的圖形如 (圖九)，由此我們可以看出斜率約為 31，與我們直觀電路應用分壓定理得出的斜率是 31 不謀而合。另一個實驗前置原理如下：

當我們要驅動此浸水式換能器時要知道當波形訊號出現時需要多少公分之後才是可用的平面波，之前的只是混亂的訊號波，其計算方式為

$$V = f * \lambda \quad (4)$$

其中 V 代表水中聲速，f 代表換能器頻率，λ 代表水中聲波波長，且

$V=1540(m/sec)$ ， $f= 4.66MHz$ 。由此，

可得 $\lambda = 0.033cm$ 。另外由

$$L = r^2/\lambda \quad (5)$$

其中 L 代表混亂的訊號波長度，r 代表換能器半徑為 $0.635cm$ ，我們可以算出 $L = 12.22cm$ 。

因此我們做實驗時換能器與裝水容器壁的距離一定要大於 $12.22cm$ 。

在這實驗裡我們採用的距離為 $20cm$ 。此自發自收浸水式換能器發射以及接收的波形由示波器得到如（圖十）（圖十一）。此外（圖十二）（圖十三）為單純未接上換能器之脈衝產生器的波形，其不同之處在於電壓的大小。

四、結論

依據上述研究方法我們已發展出一個完整的電路設計來驅動一個自發自收浸水式 $5MHz$ 的換能器（圖十四）。在未來的發展裡我們可以使用 FPGA 的模式來控制使其達到多通道的脈衝產生器，使得應用面更廣泛。

誌謝

本研究 感謝 國科會計畫編號 NSC 92-2622-E-002-042-CC3 的贊助，以及新竹聲博科技公司 袁炎偉 博士 電子工程部經理 楊富傑 極力協助得以完成。

參考文獻

1. "NE555 Timer datasheet," *STMicroelectronics*, 1998.
2. "DS1040 Pulse Generator," *DALLAS SEMICONDUCTOR*, 1999.
3. Sedra Smith, *Microelectronic Circuits*, 4th

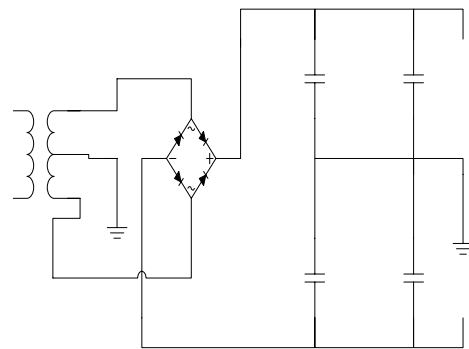
Oxford, 1998.

4. A. Bruce Carlson, *Circuits*, 2000.

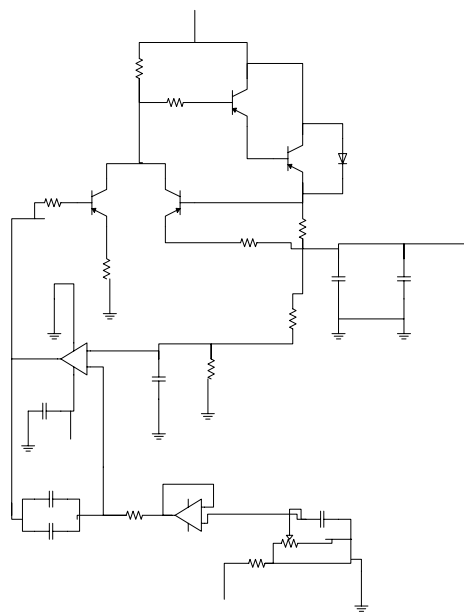
5. 李嗣涔，管傑雄，孫台平，" 半導體元件物理"，三民書局，2003。

6. Donald A. Neamen，譯者李世鴻，" 半導體物理及元件"，3rd，美商麥格羅、希爾，2003。

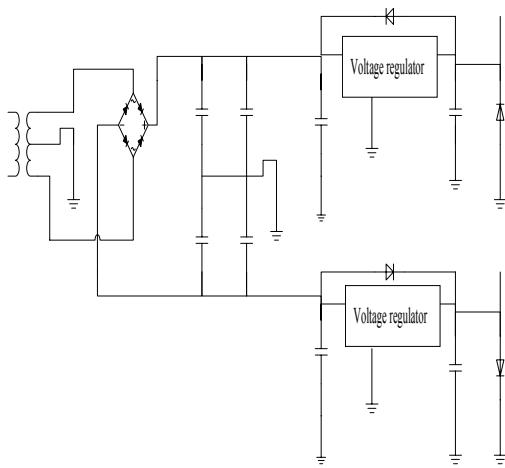
7. William H. Hayt and Jr. John A. Buck，譯者江昭皚、謝芳生，" 工程電磁學" 第六版，美商麥格羅、希爾，2001。



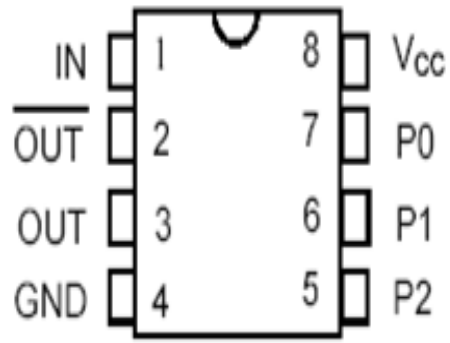
圖一 電源供應器-高壓



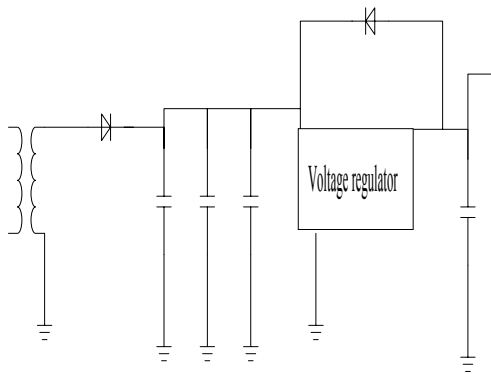
圖二 電源供應器-可調式高壓



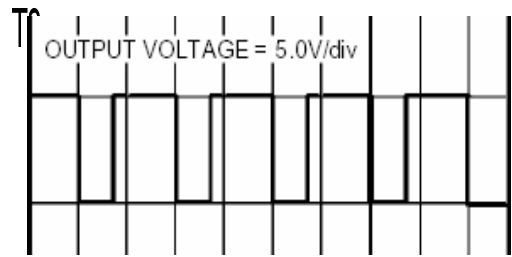
圖三 電源供應器-中壓



圖六 可程式控制的脈衝產生器 IC
PIN ASSIGNMENT



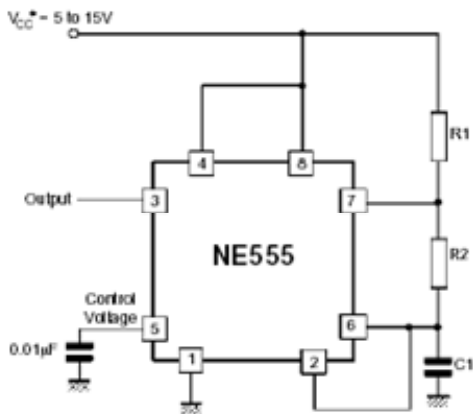
圖四 電源供應器-低壓



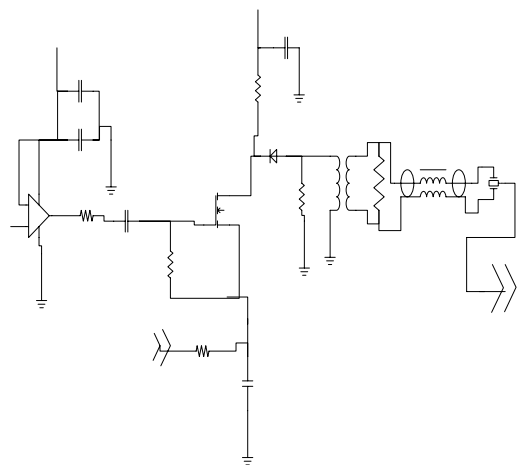
圖七 NE555IC 相關接線與其震盪出的方波圖

C12

C14



圖五 NE555 震盪 IC



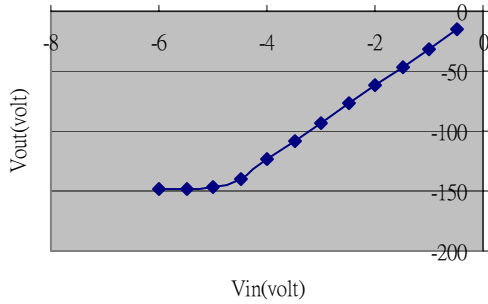
圖八 脈衝產生器

C13

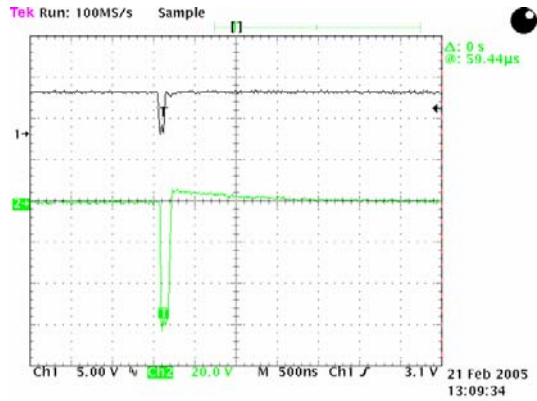
C15

Vin(volt)	-0.5	-1	-1.5	-2	-2.5	-3	-3.5	-4	-5	-6
Vout(volt)	-15.5	-30.9	-46.4	-61.8	-77.3	-92.7	-108.2	-123.7	-147.7	-147.7

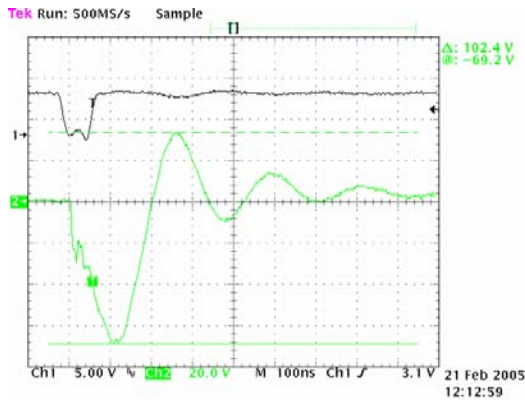
表一 可調式高壓電路輸入輸出關係 (負載：水泥電阻 20W 2kJ)



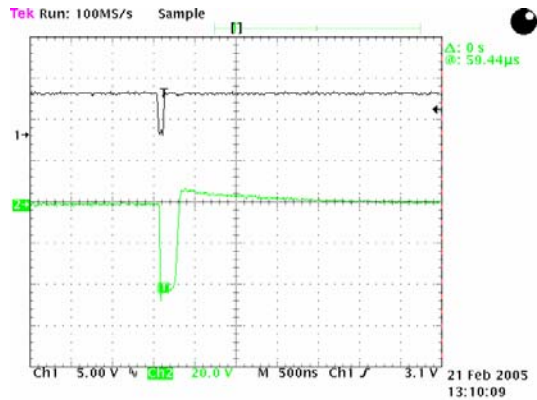
圖九 電源供應器-可調式高壓圖形



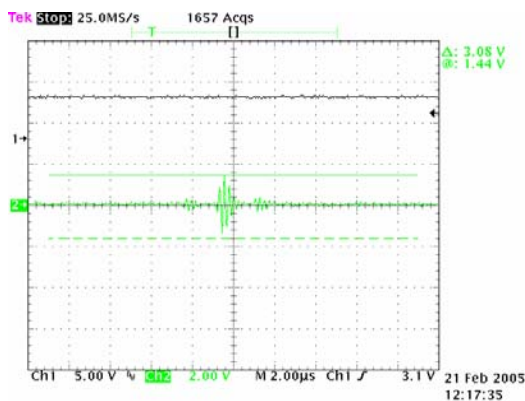
圖十二 脈衝產生器波形 (1)



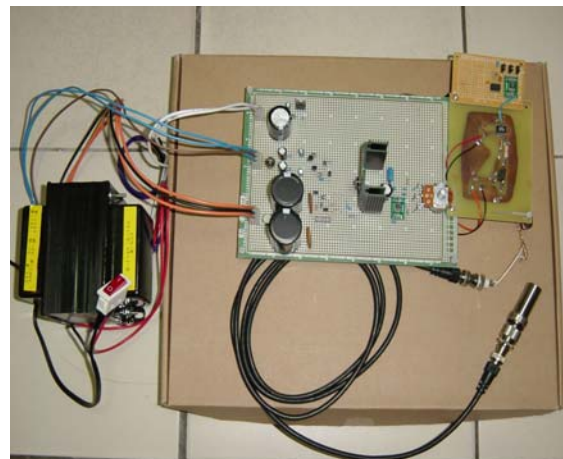
圖十 換能器發出訊號



圖十三 脈衝產生器波形 (2)



圖十一 換能器接收訊號



圖十四 裝置成品圖