

電子給水機에 관한 研究

(System Design of an Electronic Watering Device)

朴 圭 泰*

PARK KYU TAE

要 約

本論文은 自動給水機의 設計 및 製作研究를 한 것으로 digital scanning circuits를 利用하여 10개의 probe를 차례로 scanning하여 地表의 濕度를 檢出하여 reference level과 比較하여 必要한곳에 自動으로 給水하도록 設計하였다. 이 system의 control을 爲하여 main clock oscillator와 control oscillator를 사용하였고 control circuit로는 programmable unijunction transistor를 利用하여 reference level을 조절하게하여 임의의 원하는 濕度에 給水하도록 하였다.

製作된 給水機는 모래의 濕度가 6%에서 51%로 변화시키면서 실험하여 언제나 input level이 reference level보다 약 0.6V 보다 높을때 完全動作하였으며 reference level은 임의로 조절할 수 있었다.

Abstract

The paper deals with a study on an electronic watering device. The system is designed to scan 10 probes so that they detect moisture of soil. Input potentials are compared with reference level before the system is watering. It provides a main clock oscillator and a control oscillator for the system control, and a programmable unijunction transistor is used for the control circuit. The reference levels are adjustable so as to water various soils.

The device is tested for two different soils of moisture content ranging from 6 to 51%. It works at any input level higher than 0.6 V compared to the reference level.

1. 서 론

일반적으로 여러개의 스위칭 채널을 제어하기 위해서 릴레이 또는 모-타에 의한 機械的 scanning 방법이 사용되어 왔다. 그러나 이들은 어떠한 source level을 거의 100% 전달시켜주는 장점은 가지고 있으나 switching time이 길고 기계적 수명이 짧으며 생산가가 비싸다.

PUT(programmable unijunction transistor)를 사용한 스위칭회로는 입력 level을 임의로 변화시킬 수 있고, 두 clock-oscillator와 counter에 의한 scanning 방법으로 機械的 제어장치의 장점을 살리고 단점들을 제거시킬 수 있다.

이 논문은 digital 회로에 의한 scanning을 實現시켜 地表의 습도를 측정하여 미리 정한 level과 比較하여 급수하도록 설계하였다.

또한 각 채널마다 급수에 대한 충분한 시간을 허용하기 위해서 PUT를 쓴 main clock oscillator로 초저주파 발진을 시켰다. 이에의해 주기

* 正會員 延世大學校電子工學科 Dept. of Electronic Engineering, Yonsei University.

本 研究는 1972年度 蓮庵文化財團 研究費로 이루어졌읍니다.

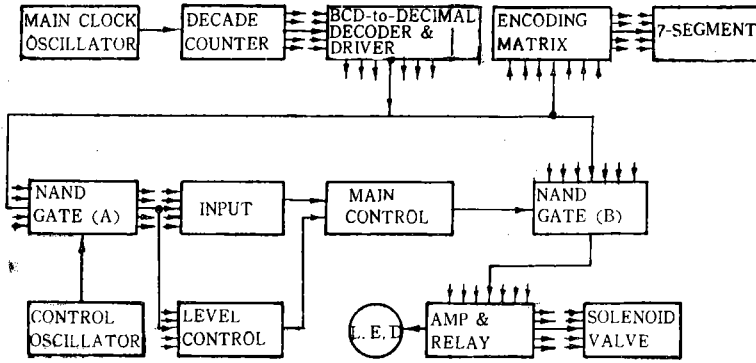


그림 1. Electronic Watering Device Block Diagram

는 수십초에서 수분이되게 할수 있으며 이는 종래 사용하던 고주파를 flip-flop에 의해 나누어 주는 방법의 복잡성과 monostable multivibrator나 UJT relaxation oscillator의 초저주파에 대한 불안정성을 개선하였다.

2. 설 계

자동 급수기는 첫째 地表의 습도를 측정하여 건습을 판단하여야 하고, 둘째로 이러한 건조 또는 습한것에 대한 기준을 필요에 따라 결정, 가변할 수 있도록 하며, 셋째로 이러한 것들을 동시에 여러개 측정, control 할수 있어야한다.

여기서는 10개 channel을 통하여 地表습도를 검출하여 급수하도록하며 이상의 요건을 모두 만족시키도록 설계한 것을 그림 1에 block diagram으로 표시하였다.

그림 1에서 보는바와 같이 수분정도의 주기를 갖는 초저주파 oscillator의 출력은 decade counter(SN7490)와 BCD-to-decimal decoder(SN74141)를 통하여 해당번호의 TWO INPUT NAND GATE(A), NAND GATE (B) 및 Encoding matrix로 연결된다.

NAND GATE(A)는 decoder output와 negative form으로 주기가 main oscillator의 數百分之一 이되는 control oscillator에 의해 그의 입력이 모두 "1" state로 되었을 때 output는 "0"으로 된다.

여기서 control oscillator의 output는 PUT가

reverse bias 또는 off 상태가 되지 않고서는 state 변화를 하지 않으므로 main clock의 한 cycle time 이내에 변화되는 入力 level을 check한다.

이 output은 해당 channel의 input circuit와 level control circuit를 동작시킨다.

NAND GATE(A)의 output가 "0"로 되어 PUT를 동작시키는 동안 control oscillator는 계속 일정주기로 on, off 상태를 반복하게 된다. 이에의해 control oscillator가 off로 된 짧은 시간동안 NAND의 出力이 "1"이 되어 input circuit 및 gate level control circuit가 동작을 하지 않게된다.

이리하여 PUT가 off로된 짧은 시간동안 입력 level과 gate level을 다시비교하여 다음순간의 PUT 상태를 결정하여 준다.

PUT control circuit의 output가 "1"이 되었을때 decoder output에 의해 해당 channel의 NAND GATE(B)가 동작하여 "0"의 output state를 나타낸다.

이것이 inverter 및 증폭기를 동작시키고 증폭기는 relay를, relay는 solenoid valve를 동작시키게 된다.

또한 decoder output는 encoding matrix로 연결이되어 동작시키고 있는 channel의 수를 LED 7 segment에 의해 display시키고 있다. 또 relay는 solenoid valve와 LED lamp도 동작시켜 해당 channel의 급수여부를 알수 있도록 하였다.

3. INPUT 와 LEVEL CONTROL CIRCUITS

입력 check 회로와 gate level control 회로는 모두 같고 사용된 저항값에서 약간의 차이를 갖게 되며 그림 2와 같다.

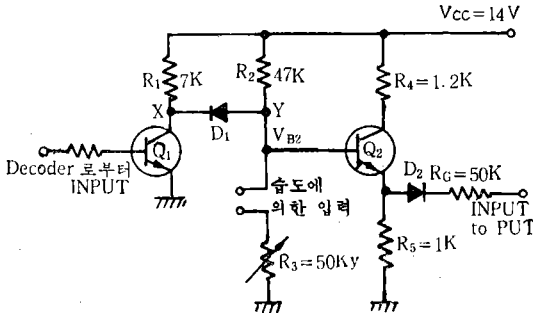


그림 2. Input & Level Control Circuits

그림 2에서 보면 Q1이 on 상태에 있을 때 collector 전류는 $V_{CC}/R_1 \parallel R_2$ 로 되며 Y점의 전위는 0이 되고 Q2의 output도 0이 된다.

Q1이 off 일때 Q2의 base 전압은

$$V_{B2} = V_{CC} \cdot \frac{R_1 + R_3}{R_2 + R_1 + R_3} \quad (1)$$

이고

이에 의해 D1은 reverse bias가 되며 V_{B2} 는 입력변화, 즉 Rin 변화에 의해 결정 되게 된다.

이때의 출력전압은

$$V_{OUT} = \left[\frac{I_{CO} + (V_{CC}/R_2)}{(1-\alpha) + (R_2/R_3)} \right] R_5 \quad (2)$$

여기서 $R_B = \frac{R_2 R_3}{R_2 + R_3}$

가되어 다음단계로 연결된다.

4. "PUT"를 사용한 MAIN CONTROL CIRCUITS.

PUT는 parameter들을 external elements에 의해 결정지어 줄수있는 pnp three junction device로 circuit designer에 의해 stand-off ratio, η 가 결정된다(5).

PUT가 off 일때 PUT의 anode 전압은

$$V_A = V_{AA} - R_A I_{RL} \quad (3)$$

가 되며

anode-cathode voltage는

$$V_{AK} = V_{AA} - R_A I_{RL} - R_L I_L \quad (4)$$

가 된다.

여기서 I_{RL} 은 input 회로에 흐르는 전류이며 I_L 은 cathode leakage current이다. 또한 I_{GO} 가 device off에서 gate current라하면 gate 전압은

$$V_G = V_{GG} - R_G I_{GO} \quad (5)$$

가 되며

$$V_{AA} - R_A (I_L + I_{RL}) < V_{GG} - R_G I_{GO} + V_T \quad (6)$$

가 될것이다. 여기서 I_L, I_{RL}, I_{GO} 가 무시되면

$$V_{AA} \leq V_{GG} + V_T \quad (7)$$

가되어 PUT는 nonconduction 상태를 유지한다.

V_T 는 gate offset voltage to trigger, I_{GO} 는 off에서 gate current이다.

PUT가 on 상태일때

$$V_{GG} = (R_G + R_L) I_G + R_L I_{AK} \quad (8)$$

$$V_{AA} = (R_A + R_L) I_{AK} + R_L I_G \quad (9)$$

$$V_{OUT} = R_L (I_G + I_{AK}) \quad (10)$$

와 같이되고 $I_{AK} > I_H$ 가 성립하면 PUT는 conduction 상태를 유지하게 된다.

또한 (7)식에서

$$V_{AA} > V_{GG} + V_T \quad (11)$$

가 성립될때 PUT는 turn on 된다.

또 on 상태에서의 output voltage는 (8), (9)

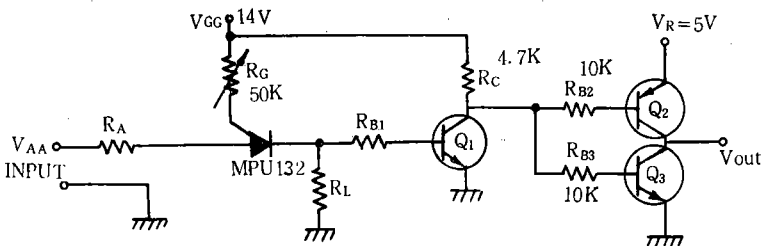


그림3. Main Control Circuits

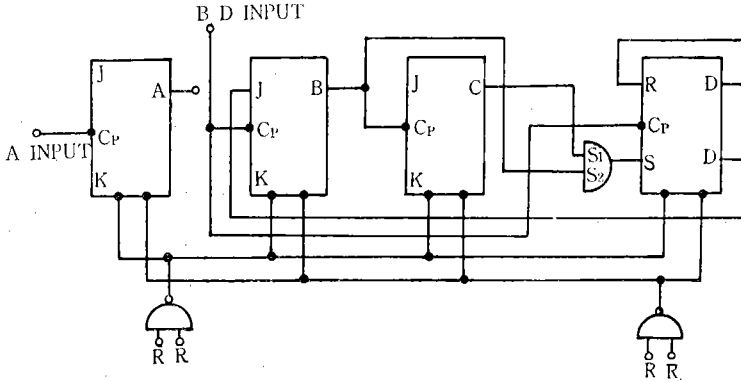


그림 4. Decade Counter Block Diagram

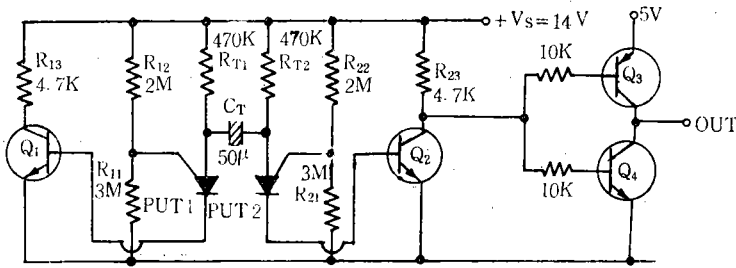


그림 5. PUT Relaxation Oscillator

식에서 I_G 와 I_{AK} 를 구해 (10)식에 代入하면

$$V_{OUT} = \frac{R_L(R_A V_{GG} + R_G V_{AA})}{R_G R_A + R_L R_A + R_L R_G} \quad (12)$$

이 된다. 윗식에서 I_{AK} 는 anode-cathode current이며 I_H 는 holding current, I_P 는 peak current이다.

식 (12)에서 R_G, R_A, R_L 은 designer에 의해 外部에서 가해준 저항값이고 V_{GG} 는 우리가 필요에 따라 정해준값(level control voltage)이며 V_{AA} 는 습도변화에 따른 입력전압이다. 이에 의한 output voltage V_O 가 level amplifier를 통하여 NAND GATE(B)에 연결된다.

5. COUNTING 과 SCANNING 方法

두개의 oscillator로 main oscillator는 각 channel을 scanning하며 다른 oscillator는 계속적 입력회로 차단에 의해 순간적인 입력변화량을 check 하도록 하였다. 여기서 counter는 Texas

Instruments의 IC SN 7490N을 사용했으며 그의 block diagram은 그림 4와 같다.

6. PUT를 사용한 OSCILLATOR

여기서 사용한 PUT relaxation oscillator는 그림 5과 같다.

위의 회로에서 oscillator는 astable operation으로 load line이 결정되어야 하므로

$$\frac{\eta V_S}{I_P} > R_T > \frac{V_S}{I_c} \text{로서 } R_T \text{의 값이 결정되어야}$$

한다. 그러므로 이 범위내의 R_T 를 정하여 줌으로서 일정한 주파수를 얻을수 있게된다. 그때의 C_T 를 구해보면

$$C_T = \frac{1}{f \cdot R_T \log(1 + R_1/R_2)}$$

이 되어 f 를 구할수 있게된다.

이 PUT oscillator는 +14V에서 동작을 시켰으므로 IC의 counter를 동작시키기 위해서 le-

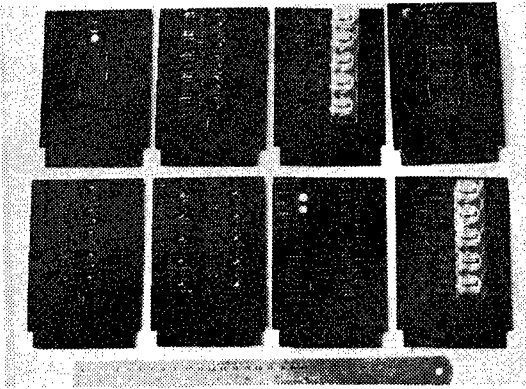


사진 1. 급수기의 module 들

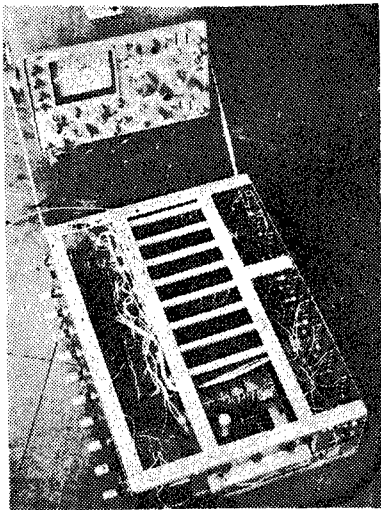


사진 2. 완성된 전자 자동급수기

vel amplifier 를 거쳐서 counter IC 에의 logic level 에 맞도록 하였다.

7. 실험결과

製作된 自動給水機는 기능에 따라 module 로 만들어 조립하였다. 사진 1이 module 들이고 이들을 조립하여 完成된것이 사진 2이다.

토양은 모래, 왕모래에 對하여 실험하였고 이 두가지 토양에 대해 표 1과 같이 probe voltage 변화에 따른 습도(%)를 측정하였다.

표 1.

토 질	모 래	왕 모 래
INPUT LEVEL		
1V(6.4K)	42%	51%
2V(13.2K)	39%	45%
3V(22K)	35%	37%
4V(35K)	28%	28%
5V(57K)	19%	17%
6V(120K)	8%	6%

Probe 는 두개의 stainless steel 棒이 9 cm 간격으로 구성되어 있으며 하나의 棒이 직경 4mm, 길이 10 cm 로 되어있으며 끝이 針形으로 되어흠에 꽃도록되어 있다.

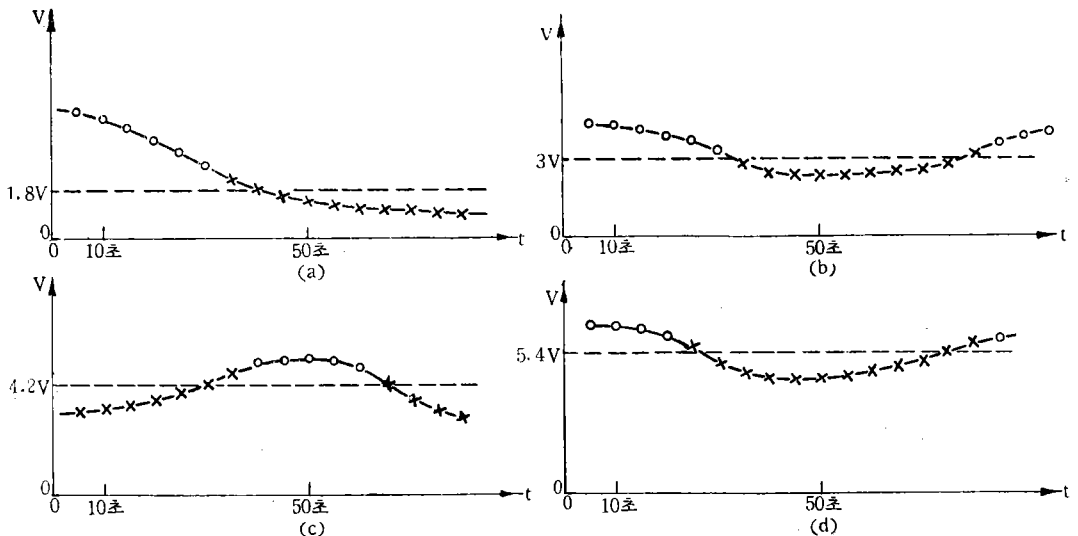


그림 6. (a), (b), (c), (d)는 channel 3, 5, 7, 9에 대한 valve 의 상태
O: on —: 入力 level X: off: 정해진 gate level

Solenoid valve 는 日本 Chukyo Electric Co. 製인 100V, AC 用을 使用하였다.

Channel 1에서 channel 10까지 gate level 을 등간격, 계단적으로 정해준후 각 channel 에 probe 를 묻고 그에 의한 입력 level 변동을 측정하여 이에의한 output 의 on, off 상태를 그림 6에 기록하였다.

그림에서 보는바와 같이 input level이 gate level 에 비해 약 0.6 volt 높을때에 valve 는 동작하였다. 이는 gate-anode 의 pn junction 에 의한 offset voltage 에 의한 것이다. 이상의 실험은 여러 반복실험에서도 오동작이 없이 정확히 동작하였다.

8. 結 論

Digital counter 및 logic circuits 를 이용한 자동급수기를 설계, 제작하여 實驗을 통하여 우수한 動作을 나타냈다.

이는 하나의 digital system 設計製作研究로서 자동급수기에 응용한 것이다.

이 급수기는 機械的인 것을 完全히 除去하고

programmable switching control circuits 를 도입하였으며 main clock 과 이에따르는 control clock 을 사용하여 digital scanning 에 의한 完全 自動化한 것이다.

이는 급수기 뿐아니라 많은 probe 를 要하고各 probe 의 scanning 을 要하는 기기에는 약간의 回路수정으로 應用할 수 있어 그 활용범위가 극히 클 것으로 기대된다.

참 고 문 헌

1. Franklin F. Kuo, "Digital Electronics with Engineering Application" Prentice-Hall, Inc 1970.
2. Malvino, Leach "Digital Principles and Applications" McGraw-Hill Book Company 1969.
3. Millman, Taub "Pulse, Digital and Switching Waveforms." McGraw-Hill Book Company 1965.
4. Texas Instruments Inc. "Transistor Circuits Design", McGraw Hill, 1963.
5. O, Greiter, "The Programmable Unijunction" Wireless World Sept. 1970.
6. The Semiconductor Data Book, Motorola, 1970