

::: [오픈 프로젝트](#) :::

 ○ [안내 \(Information\)](#)

 ○ [현재프로젝트](#)

 ○ [지난프로젝트](#)

 ○ [자료실](#)

 ○ [자유게시판](#)

 ▶ [전압을 올려주는 펌프를 설계하자 \(신기한 마술...\) ^^](#)

[66] 지난 수 회에 걸쳐 '태양전지 실험회로'의 설계 아이디어를 꼼꼼히 들여다보고, 'MY 로거'를 이용하여 PC에서 (원격)제어할 수 있는 회로를 만들었으며, 프로그램과 연계하여 동작을 시험하였습니다.

지금까지 설명한 주제나 회로들은 1 회용이 아닙니다. 오늘날 우리는 21세기 초엽에 컴퓨터와 통신, 마이컴/센서가 함께 기능하는 '유비쿼터스(Ubiquitous)'시대를 목전에 두고 있다고 말합니다.

우리가 가지고 있는... 인터넷(네트워크)이 연결된 PC가 컴퓨터에 해당하며 'MY 로거'내에 (PIC)마이컴이 내장되어 있고, 이 둘은 (RS232C)통신으로 연결되어 있습니다. '태양전지'는 센서에 해당됩니다.

지금 우리가 진행하는 태양전지 실험이야말로... '유비쿼터스(Ubiquitous)' 기술의 본질에 접근하고 있는 것입니다. 그러므로 실험에 사용되는 (인터페이스) 회로의 이해와 (원격)실험의 아이디어, 제작 및 프로그래밍 경험등은... 첨단기술의 중심에 위치하며, 다가오는 미래를 위한 살아있는 지식이 됩니다. ^^

[67] 다시 우리의 실험으로 생각을 돌려 봅시다.

[68] 현 시점에서 진단해 보면... 실험에 필요한 기술자체의 이해에는 많은 발전이 있었지만, 정작 실험의 내용은 아직 빈약한 정도입니다. 지금까지 진행된 실험은 태양전지(2.2v 전압)에서 발생한 전류를 4700uF 콘덴서에 모으고, 모아진 전기로 1k 저항을 통해 LED를 켜 본 정도입니다.

콘덴서에 모은 전압도 2v 남짓이며, (콘덴서 만으로는) LED 점등 시간도 몇 초를 넘기지 못합니다. --

[69] 지금까지의 (실험장치) 문제점은 크게 두가지입니다.

첫째는 콘덴서에 모을 수 있는 에너지 양이 너무 적습니다. 소위 대 용량 전해 콘덴서가 이 정도입니다. 전해 콘덴서는 10,000uF보다 용량이 커지면, 가격이 급등합니다. (금액을 무시하고) 설령 지금 용량의 20배인 100,000uF 콘덴서를 사용한다 해도, 1 분 이내에 LED는 꺼져버릴 것입니다. --

아무리 생각해도... 실용적인 면으로 접근하려면, 2 차 전지에 전기를 모아야 할 것 같습니다. 그러나 우리 실험의 목표가 '태양전지를 사용하는 충전기의 제작'은 아닙니다. 그래서 이 충전문제는 나중에 다시 생각하도록 하겠습니다.

둘째는 사용하기에 (태양전지에서 발생된) 전압이 너무 낮습니다. 필자가 보기에는 이거야 말로 본질적인 문제(問題, problem)에 해당합니다. '태양전지 셀(cell)'은 약 0.5v의 전압밖에는 발생하지 못합니다. 필자의 '태양전지 모듈'은 4 개의 셀(cell)이 직렬연결되어 있다고 보여집니다만, 다른 분들이 가지고 있는 태양전지 상태는 어떨런지요? 아마 작은 모듈에서는 1v 에서 수v 사이가 대부분이 아닐까요?

그렇다면 5v 미만의 낮은 출력(전압)의 태양전지로 무엇을 할 수 있을까요? 아마 할 수 있는 일이라고는 'LED를 켜 본다'거나, '2 차 전지에 충전' 또는 '작은 모터를 돌려본다'는 정도일 것입니다. 또 555 IC는 3v 이상에서 동작하니까... 555 응용회로도 동작시킬 수 있을 것 같습니다. (필자는 안됨 --)

그리고 보니 이런 동작들을 활용한, 여러가지 태양전지 응용제품과 완구등이 나와 있는 것 같습니다. ^^

[70] 그러나 낮은 전압의 한계는 명백합니다. 한 마디로 요약한다면... '도데체 할 수 있는 일이 (거의)없다'는 것입니다. 그렇다면 현 시점에서 '태양전지 실험'의 차기목표는 다음과 같이 생각할 수 있습니다. 즉 '태양전지에서 1 차적으로 모아진 전압을... 높은 전압으로 변환하여 (다른 장소에) 저장하라'...

전압의 크기를 물통의 수위로 표현하면... 한 물통에 모여진 물을 더 높은 물통으로 퍼 올리는 펌프(pump)가 필요한 것입니다. 자~ 회로로 만드는 펌프라... 흥미있지 않습니까?... ^^

[71] '모르면 용감하다!'라는 말이 있습니다. --

직류전원의 전압을 (낮은 손실로) 낮추거나 올리는 일은 상당히 어렵습니다. 흔히 생각하는... 저항을 사용하여 전압을 낮추는 방법도, 사실은 (에너지를 다루는) 전원회로등에는 사용할 수 없습니다. 상용전원의 형태가 교류(AC)인 가장 큰 이유도, 전압의 변환이 수월하기 때문입니다.

[72] 그러나 방법이 전혀 없는 것은 아닙니다. 우선 떠오르는 방법은... 직류(DC)를 교류(AC)로 바꾸고 트랜스포머(변압기, transformer)를 사용하여 전압을 변환한 후, 다시 교류(AC)를 직류(DC)로 바꾸는 것입니다. 가장 일반적인 방법이지만... 복잡하기도 하거니와, 우리 실험회로에는 적당하지 않은 것 같습니다.

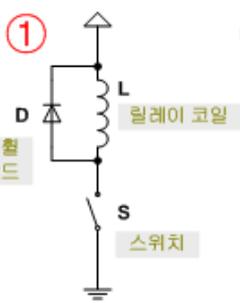
또 하나로는... 코일(coil)의 고집스러운(?) 성격을 역 이용하는 (기가막힌) 방법이 있습니다. 아마 처음에 이론적으로 이 방법을 고안한 사람도, 실제로 잘 동작하리라고 믿지는 않았을 법 하나까요... ^^

그러나 소개하는 직류의 승압(昇壓, step-up)법은... 실은 정통적이며, 전문가용의 설계기법입니다. ^^



DC-DC Step up Converter 설계 (1)

코일(coil)의 성질을 알아보면...



① 플라이휠 다이오드



② 릴레이 코일



③

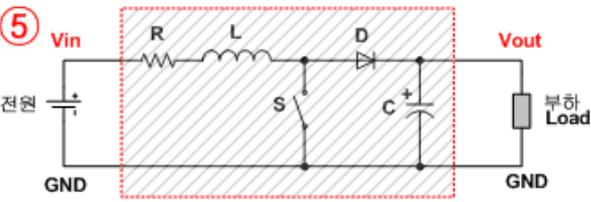


④

코일에 흐르던 전류는 갑자기 멈추지 않습니다. 역지로 흐를 수 있는 경로를 차단하면, 높은 전압이 발생하고 취약한 부분을 넘어 버립니다. 결과는 파손으로 이어집니다.

③번 회로의 플라이휠 다이오드와 코일을 순환하는 전류는... (코일)내부 저항에 의해 열에너지로 변환되고 결국 소멸합니다. ^^

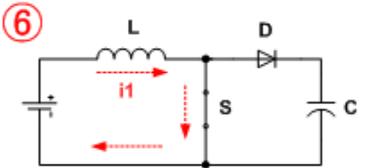
부스트(Boost)형 DC-DC 컨버터의 기본회로



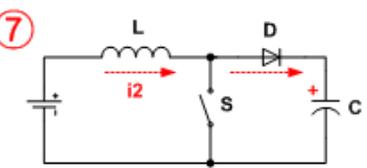
⑤

입력전압(Vin)보다 높은 출력전압(Vout)을 만들 수 있는 스텝-업 DC-DC 컨버터의 기본회로입니다. 스위치 S를 적당한 속도로 열고 닫으면, L에 축적된 에너지가 고전압으로 전환되어 D를 거쳐 C에 저장됩니다. D는 역류 방지용이며, R은 과도한 전류를 제한하는 역할을 맡고 있습니다. ^^

부스트(Boost)형 DC-DC 컨버터의 동작개념



⑥



⑦

코일에 흐르는 전류 에너지는 자기장으로 인해 자장 에너지로 축적됩니다. 일단 축적된 에너지는 소멸되지 않으며... 단지 형태만 전환될 뿐입니다.

1. 스위치가 닫히면 전원 +에서 L, S, 전원 -로 전류 i_1 이 흐릅니다.
2. 코일 L에 흐르는 전류는 코일의 자장안에 에너지를 축적합니다.
3. 스위치가 열려 갈 곳을 잃어버린 코일전류는 출구를 찾습니다.
4. 평탄한 출구를 발견하지 못한 코일전류는... 다이오드(D)를 치고 올라가 콘덴서(C)에 도달합니다. (콘덴서 전압이 전원 전압보다 높은 경우에도, 코일전류는 스스로 전압을 올려서 다이오드를 돌파하며, 이때 전류크기는 i_2 로 변합니다. $i_1 > i_2$) ^^

www.snailsnake.co.kr		
Title DC-DC Step up Converter (1)		
Size A	Document Number	Rev 1
	Copyright 2004, Snail & Snake, inc.	
Date: 2005.09.13	Sheet	of

[73] 먼저 코일의 성질을 파악하기 위한 설명이 필요합니다. 그림에서 ①번은 (이전시간에 소개한) 릴레이 코일을 동작시키는 회로입니다.

②번 회로에서 스위치를 닫아 코일에 전류를 흘립니다. (물론 릴레이 코일은 전자석이 됩니다) 얼마후에 스위치를 열면... ③번 회로처럼 코일의 전류가 (플라이휠) 다이오드를 통해 뱅글뱅글 순환하다가 사라집니다. 문제는 '왜 이런 순환전류가 발생하느냐?'라는 것입니다.

답은 물리법칙에서 설명됩니다. 코일(coil)에 흐르는 전류는 자기 에너지로 변환되어 자장속에 축적됩니다. 에너지는 소멸하지 않으므로... 스위치를 끊어 (전원으로 부터의) 전류를 차단해도, 코일의 자장이 전류를 만들어 공급합니다. 이 현상이 유명한 '**렌츠(Lenz)의 법칙**'입니다.

이렇게 '렌츠(Lenz)의 법칙'으로 발생한 전류는 흘러가기를 (강력히) 희망합니다. 그러므로 다행히도 ③번 회로에서처럼 (플라이휠) 다이오드가 있으면, 전류는 흐를 수 있습니다. 그리고 흐르는 전류는 코일과 도선의 내부 저항에서 열로 변환되므로 (크기가) 점점 줄어들어 결국 없어집니다.

만일 ④번 회로처럼 (플라이휠) 다이오드가 없으면... 탈출구가 없는 전류 i 는, 순식간에 미친듯이 포악하게 변합니다. 즉 전압이 점점 올라가게 됩니다. 아시다시피 공기는 좋은 절연체이지만, 높은 전압 사이에서는 전류가 공기중으로 흐르게 됩니다. 코일에서 발생한 고압전류는 좁은 스위치 전극사이를 비집고... 불꽃을 튀기면서 (GND로) 빠져나갑니다. 그리고 그 과정에서 스위치를 (약간이나마) 파손시킵니다.

물론 코일전류가 스위치에 무슨 감정이 있는 것은 아닙니다. 단지 정해진 물리법칙에 의해 발생한 일일 뿐입니다. 우리는 꽤심하고 억울하지만 (하느님이 아니므로) 코일전류의 물리법칙을 바꿀 수는 없습니다. 피해를 입지않도록... 다이오드를 코일에 연결해 두는 방법이 최선입니다. -_-

이제 여러분은... 코일이 숨기고 싶어하는 더러운 성질의 일면을 보셨습니다. (뻑 하면 부시고 지랄입니다)

[74] 코일(coil)의 성질은, 대다수의 회로설계자에게는 원망의 대상이지만... 이 성질을 멋지게 역 이용하는 (회로)분야도 있습니다. ^^

그림의 ⑤번 회로는 (입력)직류전압을 올려서 출력시켜주는... '부스트(Boost)형 스텝-업(step-up) DC-DC 컨버터'입니다.

※ 'DC-DC 컨버터'란 입력 직류전압을 변환시켜 출력시키는 회로를 의미합니다. 승압회로도 있고 감압회로도 있습니다. 유사한 용어로 'AC-AC 컨버터', 'AC-DC 컨버터', 'DC-AC 컨버터'가 있습니다. ^^

[75] 소개한 '스텝-업(step-up) DC-DC 컨버터'의 동작을 짚어 보겠습니다. ^^

그림의 ⑥번 회로에서 스위치 S가 닫히면, 화살표 방향으로 전류 i_1 이 흐르게 됩니다. 잠시후에 그림의 ⑦번 회로처럼 스위치 S를 열면, i_1 이 흐를 수 있는 길이 막혀 버리게 됩니다. 당연히 코일의 전압은 상승하고, (전류는) 출구를 찾습니다. 그 결과는... 다이오드 D를 거쳐 C에 도달하는 것이, 가장 손쉬운 퇴로임이 판명됩니다. 당연히 전류는 새로운 경로를 택하여 흐르게 되고, C의 전압은 (코일에 축적되어 있는 에너지 크기만큼) 한 단계 높아집니다. (전압이 달라졌으므로, 전류 크기도 i_1 에서 i_2 로 바뀝니다)

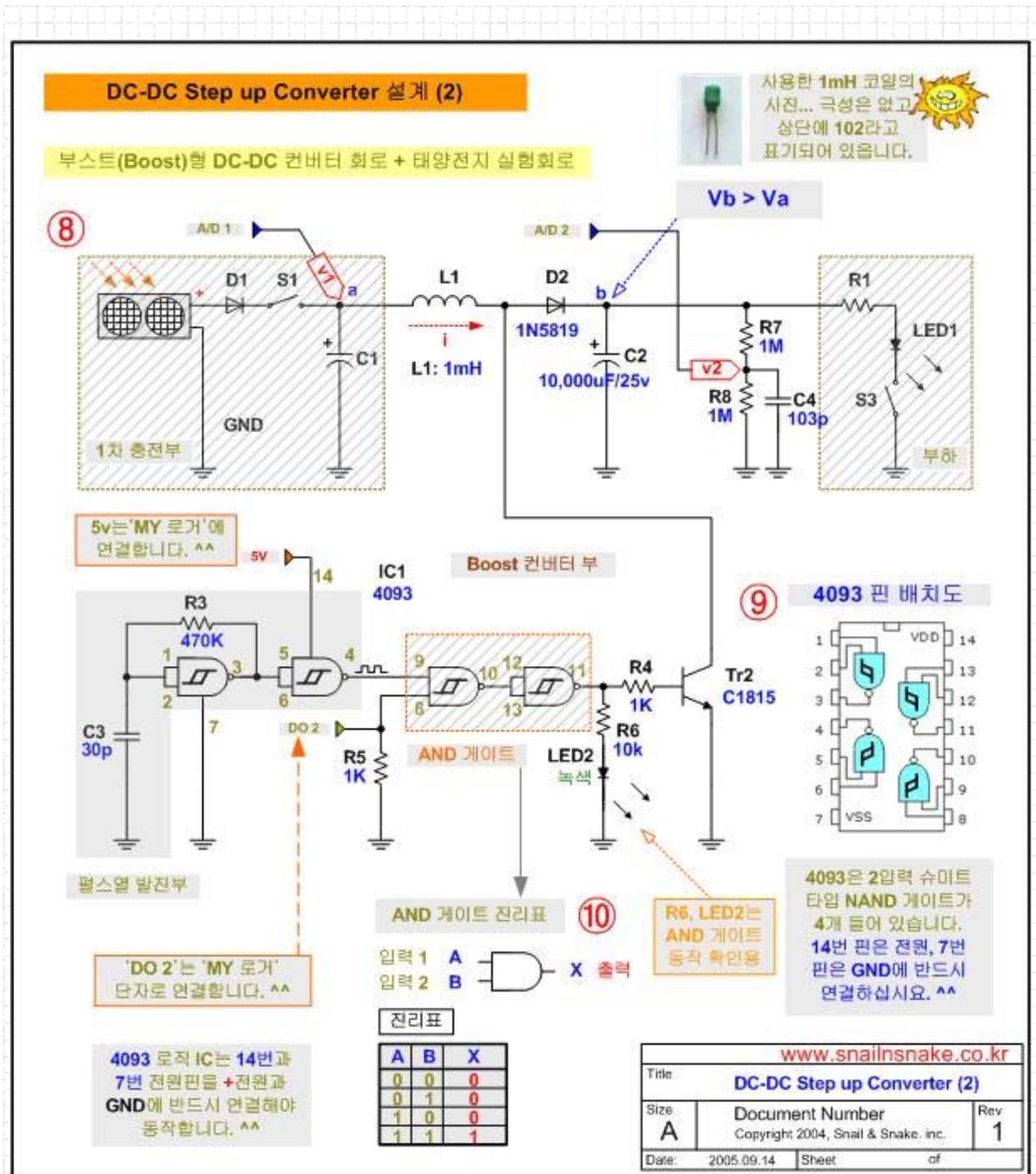
이 과정을 되풀이하면... C의 전압은 입력전압보다 훨씬 높아집니다. 그러므로 우리는 (모르는 척 하고) C에 모아진 높은전압을 (컷노래를 부르면서) 사용하면 됩니다. (이유를 모르는 코일만, 약이 오르고요...)

자! 이와같이 '코일의 약을 올려서 전압을 올려보겠다'는 기술개념(상상력)이 과연 현실로 가능할까요? 무슨 약장수의 선전도 아니고, 그야말로 구름잡는 공상소설에 나오는 이야기 같기도 하구요...? 어쨌거나 질문에 대한 답을 얻으려면, (회로를 만들어) 실험해 볼 수 밖에 없습니다. ^^

[76] 문제는 (우리 목적에) 적합한 회로의 기본형을 구하기 어렵다는 것입니다. 왜냐하면 DC-DC 컨버터는 프로 전용의 (회로)주제로... 기본 원리라면 몰라도, 실험 회로같은 것은 거의 소개되지 않는다 해도 과언이 아닙니다. 또 하나의 이유로는, 이 방면의 기술이 전력회로의 핵심이므로... 돈이 될 수 있기에 가능하면 감추고 싶어하기 때문입니다. 다른 (건전한) 이유라면, 이 종류의 회로를 잘못 동작시키면 뭔가 부서지는 위험 때문에... 쉽게 소개하기가 어쩐지 꺼려지기 때문이기도 합니다. -_-

필자는 약 수년동안 'DC-DC 컨버터'의 간단한 실험회로를 찾아 (인터넛을) 헤맸습니다. 그러나 마음에 드는 자료는 거의 찾지 못했습니다. 그러다가 다른 테마를 검색하다가 우연히 가치있는 정보를 만났습니다.

바로 ROWAN'S HOME PAGE내의 '[DC stepup converter](#)' 라는 페이지입니다. 또 다른 자료에서, 소개된 회로가 '부스트(Boost)형 DC-DC 컨버터'라는 것도 확인하였습니다. (dcdconv.zip 146k) <다운로드>



[77] 그림에 '부스트(Boost)형 스텝-업 DC-DC 컨버터'회로를 소개하였습니다. ⑧번 회로도에서 빗금친 '1차 충전부'와 '부하'에 대해서는... (앞의 회로와 같으므로) 설명이 필요없으리라 믿습니다.

⑧번 회로도에서 '스텝-업 DC-DC 컨버터'의 스위치 역할을 하는 부품이... Tr2 입니다. 회로에서 중요한 부분은 코일(L1)의 크기와 스위치(Tr2)를 개폐하는 주파수 및 실제로 실험한 사례입니다. 그리고 이 모든 기본정보가 ROWAN씨의 페이지에 포함되어 있습니다. 필자는 재 실험을 거쳐, 우리 경우에 적합한 회로정수(회로내 부품의 값과 수치)를 정했습니다. 그 결과 코일(L1)은 1mH, (4093에서 발생하는 발진 주파수는 약 71KHz가 되었습니다. ^^

'스텝-업 DC-DC 컨버터'회로는 'MY 로거'에서 제어할 수 있도록... (4093의 두 게이트로) AND 회로를 만들었습니다. AND 회로는... 하나의 입력상태가 'Low, 0'이면, 다른 입력의 신호가 출력단자로 전달될 수 없습니다. (그림의 '진리표' 참조) 그러므로 AND 게이트는 종종 (논리)스위치로 사용됩니다. (자료참조)

⑧번 회로의 R5는 'AND 게이트' 스위치가 ('MY 로거'에서) 신호가 없을 때 닫혀있도록 보장하는 풀-다운(pull-down) 저항이며, R6와 LED2는 (AND 게이트의 출력(11번핀)으로부터 Tr2 동작용) 펄스의 유무를 확인하기 위하여 부착한 것 입니다.

[78] ⑧번 회로에서 ('스텝-업 DC-DC 컨버터'에 의해) C2의 전압은 C1보다 높아집니다. 그러므로 C2의 전압을 R7과 R8 분압회로로 반(½)으로 낮추어... 'MY 로거'의 A/D CH 2 단자에 연결하였습니다. 그 결과 'MY 로거'는 C2에 충전된 전압을 10v 까지 측정할 수 있습니다. (단 분해능은 절반으로 떨어집니다)

※ 'MY 로거'에 입력되는 전압이 반(½)으로 줄었으므로... 프로그램에서는 입력전압에 두 배를 해서 원래의 전압값으로 환원해야 합니다. 그러므로 프로그램 'C2 표시전압' 항목의 (라디오 버튼) 옵션이 '10v'로 선택되어야 정상적으로 동작합니다.

C4는 '스텝-업 DC-DC 컨버터'에서 발생하고 (C2에 유입되는) 잔류펄스의 영향으로... 'MY 로거'의 A/D (전압)측정의 오차를 막는 필터역활의 콘덴서입니다. (실제로 C4가 없으면 약 15% 높은전압이 측정됩니다. 항상 테스터로 재삼재사 확인해 보는 습관이 필요합니다. -_-)

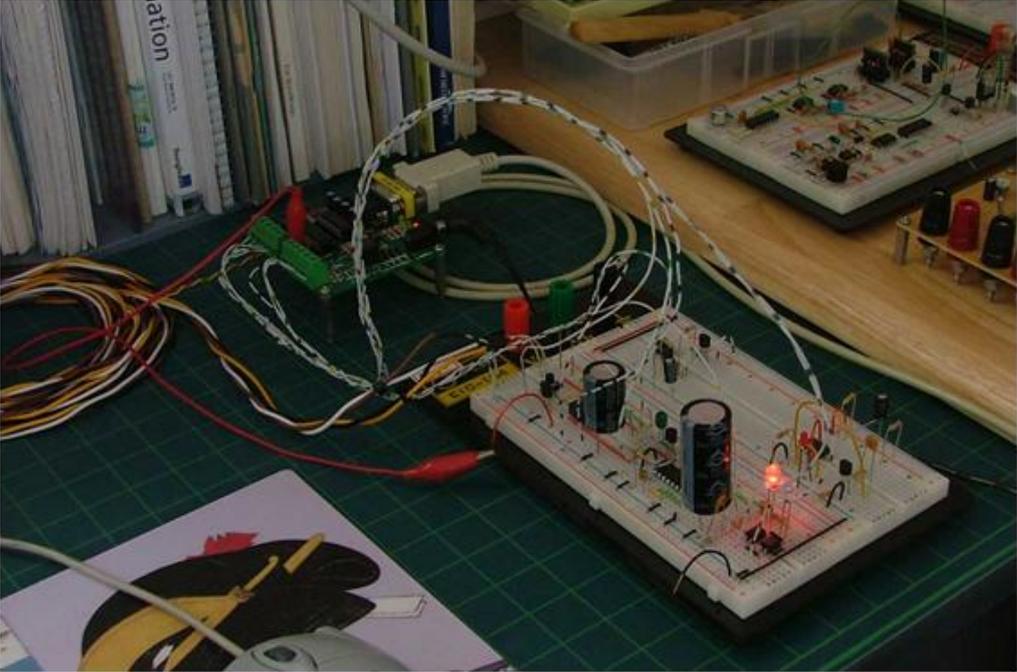
[79] 'MY 로거'를 사용하지 않고 테스터로 회로동작을 시험하려면... R5 상단(4093 6 번 핀)을 5v에 직접 연결하여, (수동으로 AND 게이트를 열고) Tr2를 동작시키면 됩니다. (단 'MY 로거'의 5v 전원은 필요함)

[80] 그림안에 CMOS 슈미트 NAND 게이트 IC인 4093의 핀 번호와 1mH 코일의 사진을 첨부하였으므로, 제작에 참고하시기 바랍니다. ^^

DC-DC Step up Converter 설계 (3)



부스트(Boost)형 DC-DC 컨버터를 포함하여 제작한 태양전지 실험회로



필자의 책상위에서 브레드보드에 제작하여 시험중에 있는 '태양전지 실험회로' 입니다. 브레드보드 우측에 무질서하게 곁여있는 회로에서 필자의 고군분투를 짐작할 수 있을 겁니다. ^^

브레드보드에 설치된 2 개의 검은색 콘덴서들이... C1 (4700uF/16V), C2 (10,000uF/25v) 전해 콘덴서들입니다. 사진을 찍을 무렵에는 해가 넘어가서 어두워지고, 그나마 태양전지가 그늘에 설치되어 있지만... 태양 에너지로 밝게 빛나고 있는 LED가 보입니다. (고휘도 LED 사용) 필자의 태양전지는 약 2v의 출력전압이 나오므로 LED가 겨우 켜지는 수준이지만, DC-DC 스텝-업 컨버터 회로가 훌륭히 작동하여... 밝은 휘도의 LED를 만날 수 있습니다. ^^

'MY 로거'에서 끌어온 5v 전원은 붉은색 악어클립이 달린 선으로 임시 연결되어 있습니다. 좌측의 들쭉날쭉한 선은 외부의 태양전지 판과 연결되어 있습니다. ^^

실험중이라... 'MY 로거'와 연결된 선들이 복잡하게 보입니다. (겨우 8 가막인데...)

www.snailsnake.co.kr

Title		
DC-DC Step up Converter (3)		
Size	Document Number	Rev
A	Copyright 2004, Snail & Snake. inc.	1
Date:	2005.09.15	Sheet of

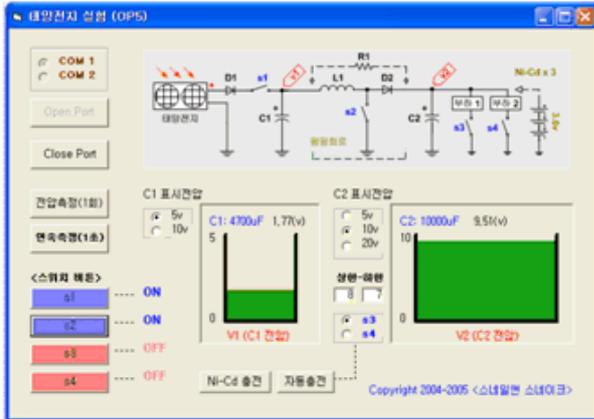
[81] 그림속의 사진은 필자의 작업용 책상(일부)입니다. ^^

작동중인 'MY 로거'와 브레드보드 속에 한참 실험중인 회로가 보입니다. 사진에 나타난 밝은 LED는... (태양전지 출력의 2v 보다) 높은 전압이 얻어졌음을 강력히 시사하고 있습니다. (2v 전압에서는 LED가

켜질락 말락 희미하거든요...) ^^

[82] 브레드보드의 우변에는 고심하여 실험하고 있는 흔적이 보입니다. 실은 예쁜(?) 사진이 나오도록 한참 정리한 것인데도 말입니다. :-

프로그램과 연계한... DC-DC Step up Converter 실험결과 ^^



☀️

'연속측정 모드'로... 제작한 스텝-업 컨버터의 동작을 시험해 보았습니다. C2의 전압이 C1보다 높아졌습니다. ^^

1. 프로그램 상단에 그려진 회로도 그림의 의미를 분명히 이해할 수 있습니다. ^^
2. 'C2 표시전압'의 라디오 버튼은 '10v' 세팅이 필요합니다. (회로도에 준함)
3. ('연속측정' 버튼을 누른 후에...) S3을 눌러 LED를 켜 보면... C1 전압이 어떤 값으로 수렴해 들어가는 과정을 변화하는 그래프로 관찰할 수 있습니다. ^^

www.snailsnake.co.kr		
Title DC-DC Step up Converter (4)		
Size A	Document Number Copyright 2004, Snail & Snake, inc.	Rev 1
Date: 2005.09.15	Sheet	of

[81] 이제... 보다 직접적인 ('스텝-업 DC-DC 컨버터' 회로의) 실험결과를 프로그램에서 확인해봅시다. 그림에서 C1에 충전된 전압보다, C2의 전압이 크다는 것을 쉽게 확인할 수 있습니다. 펌프회로가 성공적으로 동작하고 있는 거지요... ^^

프로그램에서 '연속측정 버튼'을 누른 후에 S3로 부하(LED)를 동작시켜 보면, C1 C2 두 콘덴서의 상대적인 전압변화를 1 초마다 그래프로 관찰할 수 있어 (실험에) 흥미를 더합니다. ^^

※ 'C2 표시전압'의 (라디오 버튼) 옵션이 '10v'로 선택되어야 올바른 C2 전압을 측정할 수 있습니다. (회로에서 (측정)전압을 반으로 낮추었기 때문...)

[82] 지금까지 '스텝-업 DC-DC 컨버터' 회로의 작동원리, 회로 및 제작사진과 실험결과를 살펴 보았습니다. 그 결과 컨버터회로 즉 펌프회로가... 간단하지만 확실하게 약 2v의 DC 전압을 10v 이상으로 올릴 수 있음을 확인하였습니다.

일반적으로 약 5v 이상의 전압이면 마이컴의 운용을 비롯한 거의 모든 회로를 작동시킬 수 있으므로... 이제 태양전지를 유용하게 사용하는데 있어 가장 큰 장애물이 극복되었다고 말할 수 있게 되었습니다. ^^



- 다음 페이지는 "'태양전지 실험장치'의 전체 회로도 및 제작사진"의 주제로 설명합니다. ^^

