

Tishreen University

LED Cube 16×16×16 on PIC18F46K22

Student: Mahmoud Ali Hassan

Supervisor: Dr. Muhammad Sbih

Project Title: Design and Implementation of a 16×16×16 LED Cube Using PIC18F46K22

Submission Date: 2013

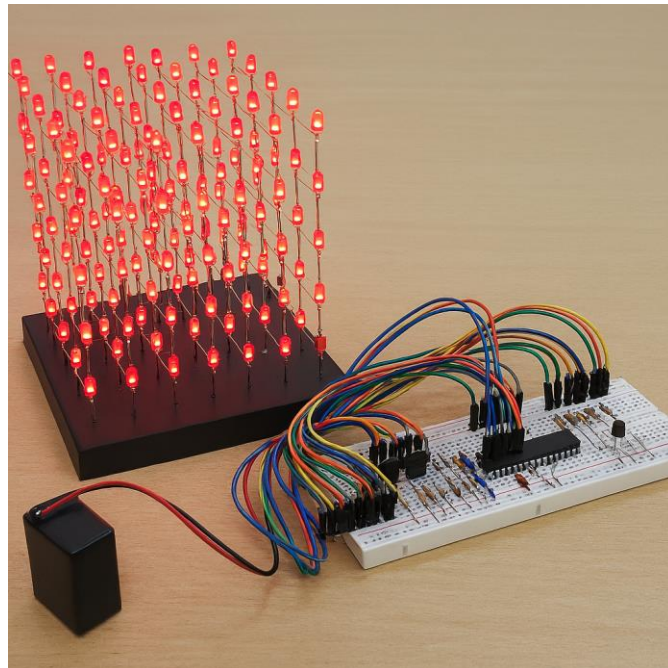
Institution: Tishreen University

Student: Mahmoud Ali Hassan

Supervisor: Dr. Muhammad Sbih

Projekttitel: Entwurf und Umsetzung eines 16×16×16 LED-Cubes mit PIC18F46K22

Einreichungsdatum: 2013



1. Abstract

This project covers the design and construction of a $16 \times 16 \times 16$ LED Cube comprising 4096 LEDs. It supports over 30 display patterns—including rain simulation, circular and helical motions—using multiplex scanning and advanced software algorithms. Control is handled by a PIC18F46K22 microcontroller. Mechanical design was done in SolidWorks, PCB in Eagle, and full simulation in Proteus. Performance metrics, encountered issues, and future enhancements are discussed.

1. Zusammenfassung

Dieses Projekt behandelt den Entwurf und Aufbau eines $16 \times 16 \times 16$ LED-Cubes mit 4096 LEDs. Es bietet über 30 Anzeigeeffekte—darunter Regensimulation, Kreis- und Spiralmotion—unter Verwendung von Multiplex-Scanning und fortschrittlichen Softwarealgorithmen. Die Steuerung erfolgt über einen PIC18F46K22. Das mechanische Design wurde in SolidWorks, die Platine in Eagle und die vollständige Simulation in Proteus durchgeführt. Leistungskennzahlen, aufgetretene Probleme und zukünftige Verbesserungen werden erörtert.

2. Introduction

LED cubes provide a dynamic 3D visual interface. In this project, we build a $16 \times 16 \times 16$ cube that requires efficient multiplex scanning to achieve high refresh rates and uniform brightness without flicker. A PIC18F46K22 microcontroller manages the scan and pattern generation.

2. Einleitung

LED-Cubes bieten eine dynamische 3D-Visualisierung. In diesem Projekt wird ein $16 \times 16 \times 16$ Cube aufgebaut, der ein effizientes Multiplex-Scanning benötigt, um hohe Bildwiederholraten und gleichmäßige Helligkeit ohne Flimmern zu erreichen. Ein PIC18F46K22 steuert das Scannen und die Mustererzeugung.

3. Components

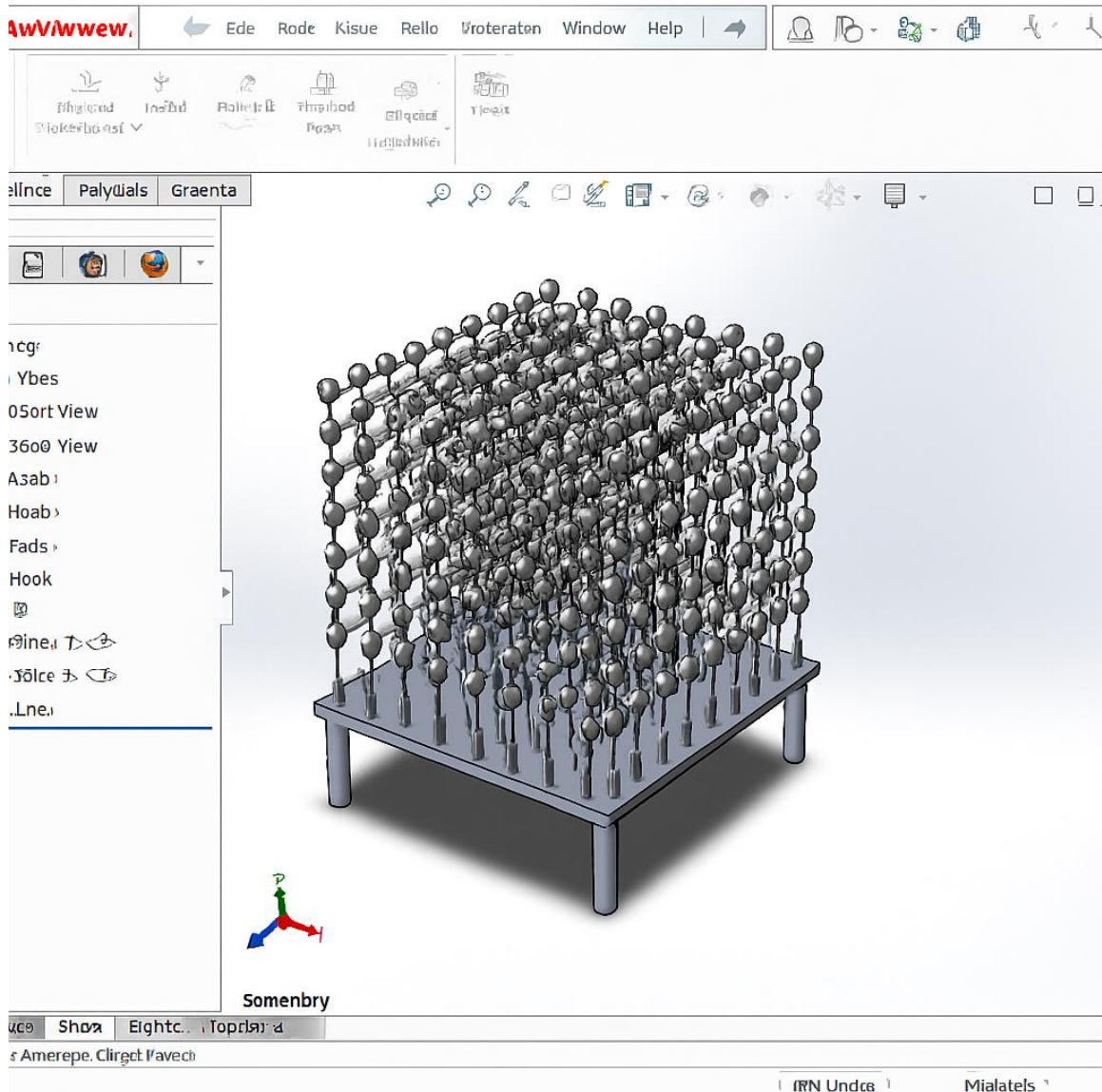
- PIC18F46K22 microcontroller
- 4096 red LEDs (2 mm)
- 16 N-channel MOSFETs (2N7000) for layer control
- 256 resistors ($330\ \Omega$) for column current limiting
- 20 MHz crystal + 22 pF caps
- 5 V regulator (LM7805) + decoupling caps
- 12 V DC power connector

3. Komponenten

- PIC18F46K22 Mikrocontroller
- 4096 rote LEDs (2 mm)
- 16 N-Channel-MOSFETs (2N7000) für Schichtsteuerung
- 256 Widerstände (330 Ω) zur Strombegrenzung der Spalten
- 20 MHz Quarz + 22 pF Kaps
- 5 V-Regler (LM7805) + Entkoppelungs-Kondensatoren
- 12 V-Gleichstromanschluss

4. Mechanical Design (SolidWorks)

A sturdy aluminum frame of 300×300×5 mm was designed with slots for precise LED column alignment and a top mount for layer driver MOSFETs. STL files were exported for rapid prototyping.

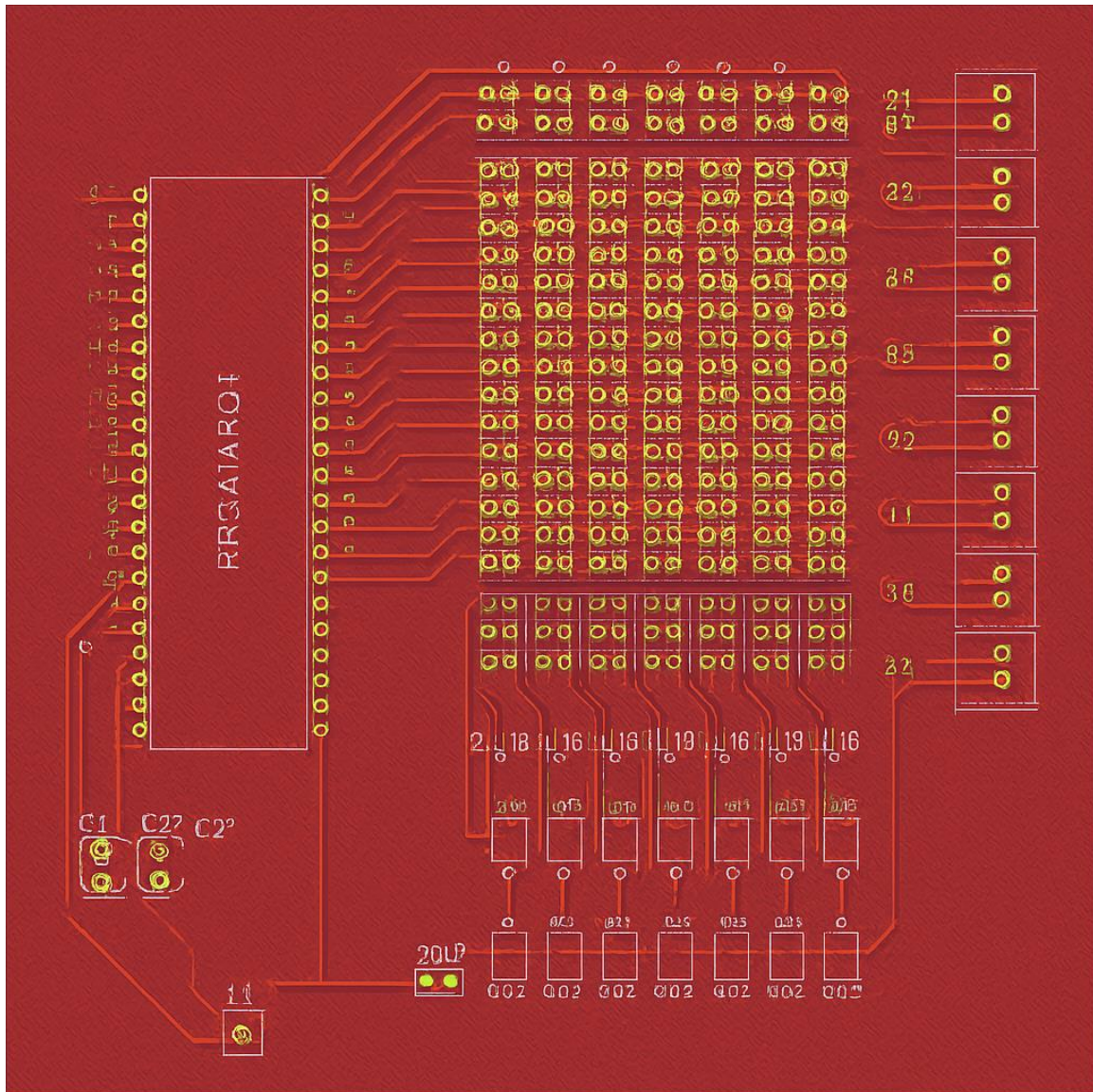


4. Mechanisches Design (SolidWorks)

Ein robuster Aluminiumrahmen von 300×300×5 mm wurde mit Schlitten für präzise LED-Spaltenausrichtung und einer oberen Halterung für MOSFET-Schichttreiber entworfen. STL-Dateien wurden für Rapid Prototyping exportiert.

5. PCB Design (Eagle)

The PCB schematic links PORTB/D to 256 column resistors, PORTC to 16 MOSFET gates, includes a 5 V regulator and ground plane. Layout ensures short high-current paths and proximity of decoupling capacitors.

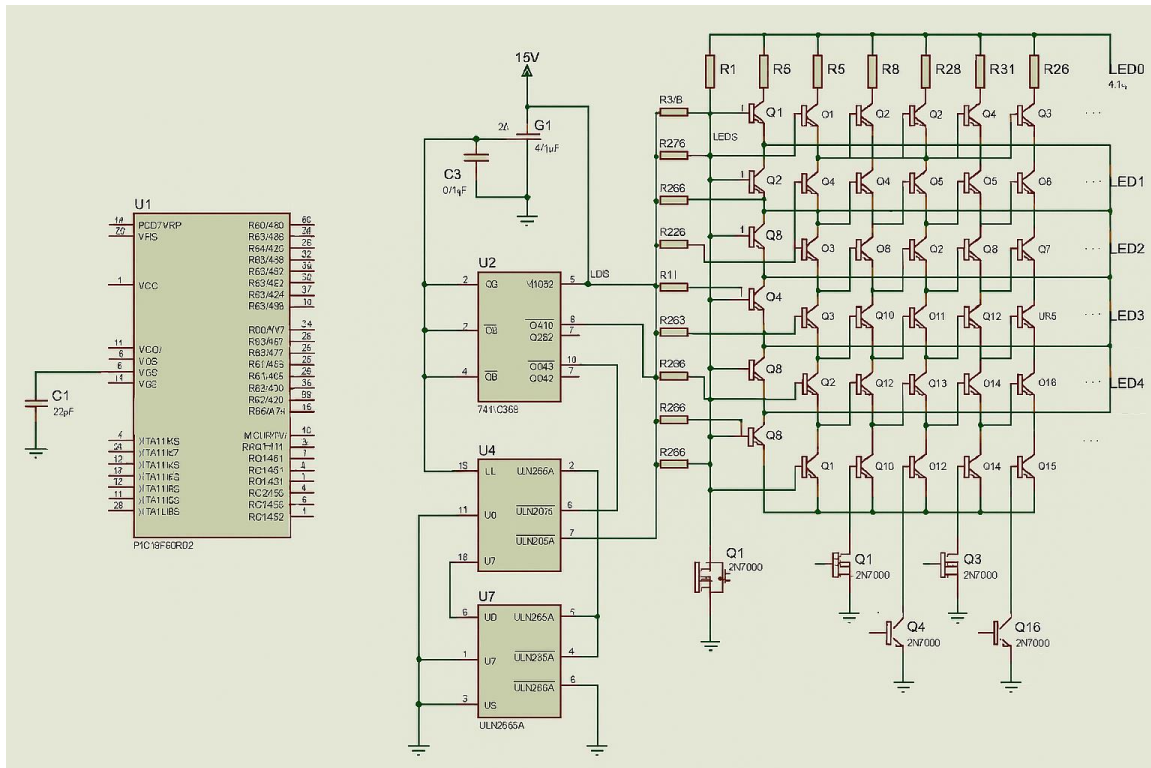


5. PCB-Design (Eagle)

Das PCB-Schema verbindet PORTB/D mit 256 Spaltenwiderständen, PORTC mit 16 MOSFET-Gates, beinhaltet einen 5 V-Regler und eine Masseebene. Das Layout gewährleistet kurze Hochstrompfade und die Nähe von Entkoppelungskondensatoren.

6. Simulation (Proteus)

Proteus validation included I2C timing, multiplex scanning at ≥ 60 Hz, PWM signal monitoring, and dynamic pattern playback of rain and spiral effects.



6. Simulation (Proteus)

Die Proteus-Validierung umfasste I2C-Timing, Multiplex-Scanning bei ≥ 60 Hz, PWM-Signalüberwachung und dynamische Musterwiedergabe von Regen- und Spiraleffekten.

7. Multiplex & Timing Equations

Each layer is active for $T_{\text{layer}} = 1 / \text{refresh} / 16$. At $\text{refresh} = 60 \text{ Hz}$, $T_{\text{layer}} = 0.267 \text{ ms}$. LED current:

$$I_{\text{LED}} = \frac{V_{\text{CC}} - V_{\text{F}}}{R}$$

7. Multiplex–Timing-Gleichungen

Jede Schicht ist aktiv für $T_{\text{layer}} = 1 / \text{refresh} / 16$. Bei $\text{refresh} = 60 \text{ Hz}$ ergibt sich $T_{\text{layer}} = 0.267 \text{ ms}$. LED-Strom:

$$I_{\text{LED}} = \frac{V_{\text{CC}} - V_{\text{F}}}{R}$$

8. Firmware (PIC Code)

```
#include <xc.h>
```

```

#define _XTAL_FREQ 2000000UL

#pragma config FOSC=HS, WDT=OFF, LVP=OFF, MCLRE=ON

void init_ports(){/*...*/}

void activate_layer(uint8_t l){/*...*/}

void update_columns(uint8_t *p){/*...*/}

void main(){
    init_ports();
    while(1){
        for(uint8_t l=0;l<16;l++){
            activate_layer(l);
            update_columns(patterns[cur_pat][l*16]);
            __delay_ms(0.5);
        }
    }
}

```

9. Results

Metric	Value
Refresh Rate	60 Hz
Layer Dwell Time	0.267 s
LED Current	~6 mA
Total Current	~1.5 A (full bright)
Number of Patterns	30+

9. Ergebnisse

Kennzahl	Wert
Bildwiederholrate	60 Hz

Schichtdauer	0,267 s
LED-Strom	~6 mA
Gesamtstrom	~1,5 A (volle Helligkeit)
Anzahl der Muster	30+

10. Challenges

- Signal crosstalk between columns required better routing and decoupling.
- Delay loops proved imprecise; switched to timer interrupts.
- MOSFET heating tackled with heatsinks.
- High current draw reduced by increasing resistors to 470 Ω .

10. Herausforderungen

- Signalübersprechen zwischen Spalten erforderte bessere Leiterbahnführung und Entkopplung.
- Verzögerungsschleifen waren ungenau; Umstellung auf Timer-Interrupts.
- MOSFET-Überhitzung mit Kühlkörpern behoben.
- Hoher Stromverbrauch durch Erhöhung der Widerstände auf 470 Ω reduziert.

11. Recommendations

1. Use DMA + timer interrupts for precise scanning.
2. Migrate to faster MCU (PIC24/ARM) for higher refresh.
3. Add USB interface for pattern upload/download.
4. Integrate Wi-Fi/Web GUI for remote control.

11. Empfehlungen

1. DMA + Timer-Interrupts für präzises Scanning verwenden.
2. Auf schnelleren MCU (PIC24/ARM) für höhere Refreshraten wechseln.
3. USB-Schnittstelle für Pattern-Upload/Download hinzufügen.
4. Wi-Fi/Web-GUI für Fernsteuerung integrieren.

12. Conclusion

A 16×16×16 LED cube operating at 60 Hz with 30+ dynamic patterns was realized using PIC18F46K22. Multiplex scanning enabled high brightness and low flicker. Future work includes advanced interfaces and MCU upgrades.

12. Fazit

Ein $16 \times 16 \times 16$ LED-Cube mit 60 Hz und über 30 dynamischen Mustern wurde mit einem PIC18F46K22 realisiert. Multiplex-Scanning ermöglichte hohe Helligkeit und geringe Flimmerneigung. Zukünftige Arbeiten umfassen erweiterte Schnittstellen und MCU-Upgrades.